

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

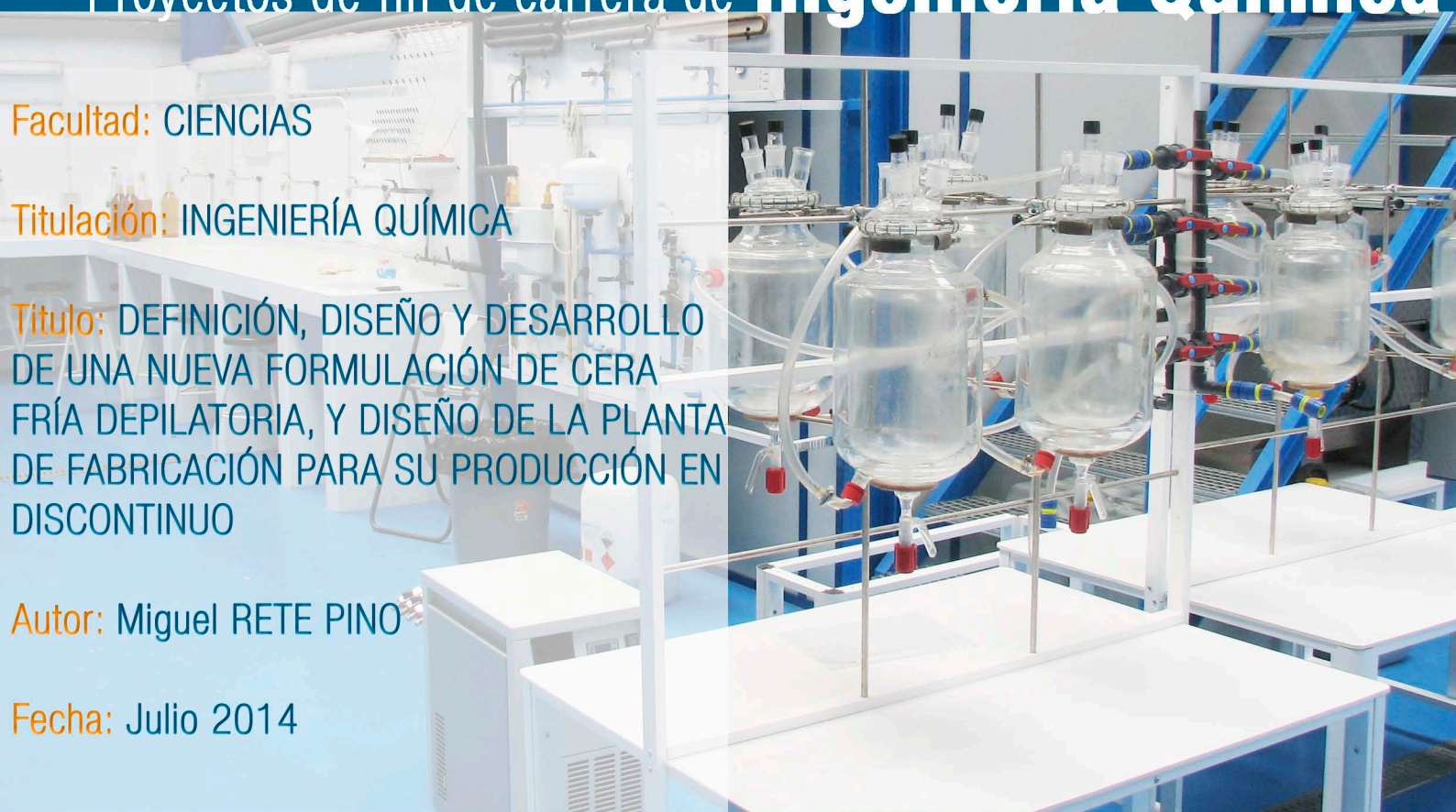
Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: DEFINICIÓN, DISEÑO Y DESARROLLO
DE UNA NUEVA FORMULACIÓN DE CERA
FRÍA DEPILATORIA, Y DISEÑO DE LA PLANTA
DE FABRICACIÓN PARA SU PRODUCCIÓN EN
DISCONTINUO

Autor: Miguel RETE PINO

Fecha: Julio 2014





RESUMEN DEL PROYECTO FIN DE CARRERA: DEFINICIÓN, DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA NUEVA FORMULACIÓN DE CERA FRÍA DEPILATORIA, Y DISEÑO DE LA PLANTA DE FABRICACIÓN PARA SU PRODUCCIÓN EN DISCONTINUO

La cera fría depilatoria es uno de los productos cosméticos más usado en el campo de la depilación por millones de usuarios en todo el mundo debido a su utilidad, fácil manejo y utilización.

Como consecuencia del avance producido por diversos competidores en el desarrollo de ceras frías depilatorias de fácil apertura sin necesidad de calentamiento previo de las bandas de ceras, la Empresa X S.A. se ve en la necesidad de desarrollar nuevas fórmulas de ceras que cumplan este objetivo, y que al mismo tiempo estas bandas de cera no sufran problemas de esparcimiento de la cera más allá del área de dosificado y obtengan una buena puntuación en los test de uso pertinentes.

Este proyecto es un avance en el campo de ceras frías depilatorias y permite a la Empresa X S.A. situarse en una buena posición en el mercado para poder competir con el resto de fabricantes mundiales.

Por tanto, los objetivos principales que se definen en el presente proyecto son:

- Desarrollo de una nueva formulación de cera fría depilatoria de fácil apertura, que permitan a los usuarios abrir sin esfuerzo y con mayor comodidad las bandas de cera, sin verse perjudicado otros aspectos que componen el rendimiento (*performance*) de la cera.
- Diseño de una instalación automatizada para producir la cera desarrollada, o para cualquier otra cera, que permitan al personal de producción una mayor comodidad en el proceso de fabricación.
- Conseguir que la cera desarrollada sea un producto de una calidad óptima, que satisfaga las nuevas necesidades que surgen en los consumidores.

Para la planificación de la fase de experimentación se desarrolla un diseño estadístico de experimento (DEE) del tipo 2^2 , es decir, dos factores a dos niveles diferentes, y dos puntos más para la representación gráfica de las respuestas que se estudian (seis experimentos).

Las materias primas necesarias para la fabricación de esta nueva fórmula de cera fría son dos adhesivos, Colophonium y Glyceryl Rosinate, y dos plastificantes, Paraffinum Liquidum y Polyethylene.

Se seleccionan como variables a estudiar en el DEE, el gramaje de cera dosificada sobre las bandas de celulosa (non-woven) y el porcentaje de adhesivo que contienen las fórmulas.

Una vez realizada las fabricaciones de los seis puntos que conforman el DEE, se procede a su estudio para conocer el comportamiento de las respuestas que se consideran primordiales en este tipo de productos:

- Facilidad de apertura de las bandas de ceras (Peel Force). Este parámetro es medido mediante un método desarrollado en la maquina universal de ensayo que el Área de R&D de la empresa posee. Este método básicamente simula a apertura de una banda a temperatura ambiente (25 °C) y mide la fuerza necesaria para abrirla.
- Esparcimiento de las bandas de ceras. Este ensayo consiste en medir el porcentaje de cera que se esparce, cuando las bandas de ceras son sometidas a condiciones desfavorables (alta temperatura). Es un indicativo de la estabilidad que la banda de cera desarrollada poseerá a lo largo de su vida útil.
- Single Product Evaluation (test de uso). Se medirán los parámetros Uso y Efectividad que componen el Single Product Evaluation (SPE). Estos dos parámetros del SPE son los que dependen en mayor medida de la fórmula en cuestión y es por ello que son objeto de estudio de este diseño estadístico de experimento.

El análisis del DEE y los gráficos de superficie permitirán elegir la versión óptima que cumpla nuestros objetivos iniciales, fácil apertura, buenos resultados en los test de uso y esparcimientos de cera moderada bajo condiciones de test.

Así, la versión óptima está formada por un **74 % de adhesivo** en su composición, y un gramaje de cera en su **dosificado de 3,2 gramos de cera por banda**.

Finalmente, para terminar el desarrollo de la nueva formulación, se realiza un benchmark (análisis de mercado), entre una marca líder en el sector, que llamaremos Marca Líder Y, y la cera que se ha desarrollado en este Proyecto Fin de Carrera. Este análisis permitirá conocer realmente la posición en la que se encuentra la nueva cera fría desarrollada en un mercado tan competitivo.

El presente Proyecto Fin de Carrera también abarca el diseño de una instalación en discontinuo automatizada para producir la cera desarrollada, que servirá a la empresa para ayudar en picos de alta producción así como planta piloto para el desarrollo de formulaciones futuras.

Se describen los principales equipos con los que contará la planta, así como se especificarán todos los instrumentos que la componen. Se diseñan el tanque de agitación donde se produce la mezcla de materias primas, los tanques que contendrán las materias primas fundidas necesarias para la fabricación de tres lotes diarios y el tanque de descarga para el producto fabricado.

Esta disposición permitirá automatizar la planta, de forma que mediante bombas centrífugas se carguen las materias primas al tanque principal y este mediante una célula de carga indique al control de las cantidades que van entrando de cada materia prima.

El control se realizará mediante Labview, y se necesitarán de: electroválvulas a la salida de cada tanque de almacenamiento, una célula de carga en el tanque de agitación, un convertidor analógico, una tarjeta de adquisición de datos y un ordenador.

Los tanques de agitación y almacenamiento que lo requieran estarán calefactados por medio de láminas de resistencias eléctricas flexibles, con una potencia determinada.

El control de temperatura solo será necesario en el tanque de agitación y este será meramente informativo.

El presupuesto total para desarrollar el presente Proyecto Fin de Carrera, teniendo en cuenta todas las partidas, desde la experimentación, caracterización y diseño de la cera fría, hasta el diseño de la instalación suman un total de 43.170,70 €.

PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO	
INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO	8.610,00 €
EQUIPOS	28.650,38 €
INSTALACIÓN DE EQUIPOS	3.466,70 €
BENEFICIO INDUSTRIAL	2.243,62 €
TOTAL	43.170,70 €

DOCUMENTOS DEL PROYECTO

DOCUMENTO 1: “Memoria y Anexos”.

“Memoria descriptiva”.

“Anexos”.

“Bibliografía”.

DOCUMENTO 2: “Planos”.

DOCUMENTO 3: “Pliego de Condiciones”.

DOCUMENTO 4: “Presupuesto”.

DOCUMENTO 1. MEMORIA DESCRIPTIVA Y ANEXOS

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1.	ANTECEDENTES	9
2.	OBJETIVOS.....	10
3.	NORMATIVA QUE APLICA	12
4.	PRODUCTOS DEPILATORIOS	13
5.	LA DEPILACIÓN	14
5.1.	CLASIFICACIÓN DE LA DEPILACIÓN.....	15
5.1.1.	DEPILACIÓN FÍSICA	15
5.1.2.	DEPILACIÓN QUÍMICA	15
5.2.	EPIILACIÓN	17
5.3.	OTROS TIPOS DE DEPILACIÓN	19
5.3.1.	DEPILACIÓN TERMOQUÍMICA	19
5.3.2.	RETARDADORES DE VELLO	19
5.3.3.	DECOLORACIÓN O BLEACHING	20
5.3.4.	CREMA FACIAL TÓPICA.....	21
6.	TIPOS DE CERAS DEPILATORIAS	22
7.	COMPOSICIÓN GENERAL DE LAS CERAS DEPILATORIAS	25
8.	LA CERA FRÍA. COMPOSICIÓN	26
8.1.	ADHESIVOS.....	26
8.1.1.	CLASIFICCIÓN ADHESIVOS	28
8.2.	PLASTIFICANTES	32
8.2.1.	CERAS NATURALES	32
8.2.2.	CERAS SINTÉTICAS	35
8.3.	MODIFICADORES DE VISCOSIDAD	37
8.4.	CONCEPTOS	38
8.5.	CONSERVANTES	41
9.	ETIQUETADO DEL PRODUCTO Y TERMINOLOGÍA INCI.....	43
10.	DISEÑO DE EXPERIMENTOS. DESARROLLO DE LA FÓRMULA.....	45
10.1.	ETAPAS DEL DISEÑO ESTADÍSTICO DE EXPERIMENTOS (DEE).....	47
10.2.	DISEÑO ESTADÍTICO DE EXPERIMENTOS 2 ²	51
10.3.	MATRIZ DE EXPERIMENTOS	53
10.4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	54
10.5.	ANÁLISIS DE LAS VARIABLES SOBRE LAS RESPUESTAS ESTUDIADAS	55
10.5.1.	PEEL FORCE	57
10.5.2.	ESPARCIMIENTO.....	64
10.5.3.	USO.....	71
10.5.4.	EFFECTIVIDAD	77
10.5.5.	CONCLUSIONES OBTENIDAS EN EL DEE.....	83
11.	PRODUCCIÓN DE LA CERA FRÍA	84
12.	SOTFWARES Y MÁQUINAS EMPLEADAS EN LA CARACTERIZACIÓN.....	85
12.1.	INTRODUCCIÓN A LA REOLOGÍA	86
13.	CARACTERIZACIÓN CERA FRÍA	89
13.1.	MUESTRAS Y MÉTODOS	90
13.2.	RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN	91
13.2.1.	INCI.....	91
13.2.2.	ANÁLISIS DEL NON WOVEN (NW)	93
13.2.3.	PROPIEDADES FÍSICAS DEL PRODUCTO	94

13.2.4.	PEEL FORCE	95
13.2.5.	ADHESIVIDAD	97
13.2.6.	ESPARCIMIENTO.....	98
13.2.7.	SINGLE PRODUCT EVALUATION (SPE)	99
13.3.	CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA DE LA CERA DESARROLLADA.....	100
13.3.1.	ENSAYOS OSCILATORIOS	100
13.3.2.	ENSAYOS ROTATORIOS.....	105
13.4.	COMPARACIÓN REOLÓGICA DE LA FÓRMULA DESARROLLADA CON MARCA LÍDER Y	111
13.4.1.	ENSAYOS OSCILATORIOS	111
13.4.2.	ENSAYOS ROTATORIOS.....	115
13.5.	CONCLUSIONES.....	119
14.	DISEÑO DE LA INSTALACIÓN	121
14.1.	FABRICACIÓN EN COSMÉTICA	123
14.2.	MATERIAS PRIMAS	126
14.3.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO Y DEFINICIÓN DE LOS PRINCIPALES EQUIPOS.....	130
14.3.1.	TANQUE DE AGITACIÓN	131
14.3.2.	TANQUES DE ALMACENAMIENTO.....	133
14.3.3.	TANQUE DE DESCARGA	136
14.3.4.	SOPORTES PARA LA COLOCACIÓN DE LOS TANQUES.....	137
14.4.	SISTEMA DE AGITACIÓN	138
14.5.	SISTEMA DE CONTROL Y PESAJE	139
14.5.1.	CÉLULAS DE CARGA	140
14.5.2.	CONVERTIDOR ANALÓGICO DE SEÑAL	142
14.5.3.	TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS	143
14.5.4.	CONTROL MEDIANTE LABVIEW.....	145
14.5.5.	DIAGRAMA DE CONTROL	148
14.6.	SISTEMA DE LIMPIEZA	150
14.6.1.	CLEAN IN PLACE (CIP)	150
14.7.	SISTEMAS DE CALEFACCIÓN EMPLEADO	154
14.8.	IMPULSIÓN DE FLUÍDOS A TEMPERTURA ELEVADA	156
14.9.	TUBERÍAS	157
14.9.1.	AISLAMIENTO TÉRMICO	158
14.10.	MEDIDAS DEL CONTROL DE CALIDAD	160
14.11.	SISTEMA DE VÁLVULAS	162
14.12.	MODO DE OPERACIÓN EN PLANTA	163
15.	ASPECTOS AMBIENTALES.....	164
16.	CONCLUSIONES	165
	ANEXOS DE LA MEMORIA	166
	BIBLIOGRAFÍA	324

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. ANTECEDENTES

El presente proyecto se inicia por la necesidad de crear una cera fría más competitiva, debido a la competencia existente en el mercado de este tipo de productos, y a la aparición de nuevos competidores que obligan a la empresa, EMPRESA X S.A., a mejorar sus productos para no quedarse atrás en un mercado tan competitivo y fluctuante como es el de la cosmética.

EMPRESA X S.A. es fabricante de productos depilatorios para terceros. Es una empresa que ofrece sus productos en todo el mundo, y los adapta a las necesidades de cada país o proyecto.

Para llevar a cabo esta tarea, el Área de R&D de la empresa se ha dotado con equipos de última generación. Estos equipos son un reómetro y una máquina universal de ensayo, que ponen al Área Técnica de la empresa en primera línea en cuanto a infraestructuras, y que la capacitan para desarrollar fórmulas de gran calidad y ser altamente competitivos.

2. OBJETIVOS

El presente proyecto se enmarca dentro de proceso de producción de una cera fría para su aplicación en formato de bandas depilatorias.

Se abordará la definición, diseño y desarrollo de una nueva formulación de cera fría, con la intención de convertir al producto en una referencia de mercado, siendo un producto de calidad excelente.

La planta a diseñar se enmarcará dentro de la rutina de fabricación de la empresa, y le servirá a esta para cubrir las necesidades de fabricación de este nuevo producto.

Para ello se analizarán determinados parámetros, se realizará un Diseño Estadístico de Experimento (DEE) y se realizarán determinados ensayos experimentales, que nos permitan obtener tal producto.

Una vez definido el producto a fabricar se abordará el diseño de la planta de fabricación de dicha cera en discontinuo.

El objetivo de este proyecto es conseguir una formulación de cera fría, que una vez dosificada en bandas, esta tenga unas propiedades de adhesividad, esparcimiento, resistencia a la separación, uso y efectividad, tales que hagan del producto un producto excelente.

Se pretende conseguir que la resistencia a la separación de las bandas sea tan baja, que no haga falta calentar dichas bandas con las manos, y que coloquen a este producto junto a la gran referencia en el mercado de ceras frías depilatorias. Al mismo tiempo la banda de cera debe tener una estabilidad y estabilidad acelerada óptima, entendiéndose como estabilidad al sometimiento de un producto, en este caso ceras frías depilatoria, a una condiciones de temperatura y tiempo determinadas, para posteriormente estudiar su comportamiento y reacción ante esas condiciones.

Para ello, se estudiará en su formulación, las características de los componentes que integran una cera fría, de forma que usando dichos componentes se consiga que el producto se separe con facilidad y que se eviten problemas de esparcimientos a temperaturas elevadas y rigidez de la banda a temperaturas bajas.

Para facilitar el trabajo y dar sentido a la experimentación se abordará un Diseño Estadístico de Experimentos, que nos permitirá evaluar y elegir que variables influyen en mayor grado en el desarrollo de la formulación y realizar el mínimo número de experimentos con el menor coste.

Una vez diseñada y fabricada la cera, se procederá a su completa caracterización.

Para esta tarea contamos además de los tradicionales y típicos métodos analíticos de laboratorio, con dos instrumentos de ensayo con los que se ha dotado el área técnica de la empresa, un reómetro y una máquina universal de ensayos.

El reómetro nos servirá para conocer las propiedades reológicas de las ceras y sus componentes principales, estudiando así comportamientos de la cera con la temperatura y con la frecuencia (módulos elásticos y viscosos), el comportamiento de

la viscosidad de la cera, y la capacidad de recuperación de esta tras someterlo a distintos esfuerzos.

Por su parte, la maquina universal de ensayos actuará sobre el producto terminado y nos permitirá analizar la resistencia a la separación.

Esto nos ayudará en gran medida al desarrollo de la nueva formulación y sobre ellas girará el desarrollo de la fórmula y el Proyecto Fin de Carrera.

Una vez se haya realizado la formulación de la cera fría se aborda el diseño de la instalación para su fabricación a mayor escala. Se pretende que la planta de fabricación tenga autonomía propia, que a pesar de funcionar en discontinuo, esta sea capaz de producir varios lotes seguidos con la mínima intervención del operario.

Para lograr este propósito, las materias primas se cargarán en tanques de almacenamiento que surtirán al reactor. Las materias primas serán impulsadas mediante bombas de impulsión acordes a cada materia prima.

El reactor estará provisto de herramientas de automatización de forma que lleguen a él las cantidades exactas de materias primas. Por su parte, los tanques de almacenamiento estarán cargados con la materia prima suficiente para producir los tres lotes diarios, a razón de cincuenta kilogramos por lote.

El reactor y los tanques de almacenamientos que lo requieran estarán calefactados.

La idea de calefactar los tanques de almacenamiento es simple, ya que con ello se pretende fundir componentes principales de la cera, como son los adhesivos empleados, *Colophonium* (resina natural) y el *Glycerol Rosinate* (resina modificada procedente de *Colophonium*), que a temperatura ambiente son sólidos, y que puedan ser impulsadas mediante bombas a través de tuberías. Mientras que en el tanque la calefacción es esencial para la mezcla de las materias primas y el desarrollo del producto.

El reactor estará provisto de un sistema de agitación que garantice la mezcla completa del producto.

Para el mantenimiento y limpieza del reactor se ha pensado en un sistema de limpieza "Clean in Place". Utilizará aceite caliente pulverizado en el prelavado que nos permitirán retirar los restos de cera de la instalación, así como agua y detergente para retirar los restos de aceite, permitiendo un mantenimiento adecuado de la instalación.

El sistema posee toda una red de tuberías que limpiarán completamente la instalación.

Por último, se colocará como medida de la calidad del producto un viscosímetro en línea a la salida del reactor, que nos irá informando acerca del producto, y que usará la viscosidad como medida de calidad.

La descarga se realizará mediante una bomba, que impulsará el producto hacia el tanque de almacenamiento.

3. NORMATIVA QUE APLICA

La normativa que aplica al desarrollo y comercialización de los productos de depilación vienen recogidas en el Reglamento marco del Parlamento Europeo sobre productos cosméticos (CE) N° 1223/2009 y modificaciones, y en la UNE-EN ISO 22716:2007 sobre buenas prácticas de fabricación de productos cosméticos.

El Reglamento regula la determinación de las condiciones técnico-sanitarias que deben reunir tales productos, el control sanitario, los requisitos que han de cumplir las instalaciones donde se elaboran; es la normativa que regula la importación de productos procedentes de terceros países, la regulación del etiquetado y la publicidad. También define la inspección, las infracciones y las sanciones.

Por su parte, la norma UNE-EN ISO 22716:2007 proporciona directrices para la producción, control, almacenamiento y expedición de productos cosméticos.

Estas directrices abarcan los aspectos de la calidad del producto pero globalmente no incluyen los aspectos referentes a la seguridad del personal presente en las zonas de trabajo, ni los aspectos referentes a la protección del medio ambiente.

Los aspectos referentes a la seguridad y al medio ambiente son responsabilidades inherentes a la empresa y podrían ser reguladas por la legislación y las reglamentaciones locales.

Estas directrices no son aplicables a las actividades de investigación y desarrollo ni a la distribución del producto acabado.

4. PRODUCTOS DEPILATORIOS

En la actualidad se tiene un concepto específico de lo que es un cosmético en el cual se encuadran los productos depilatorios, tal como se recoge en el Reglamento (CE) Nº 1223/2009:

“Toda sustancia o mezcla destinada a ser puesta en contacto con las partes superficiales del cuerpo humano (epidermis, sistema piloso y capilar, uñas, labios y órganos genitales externos) o con los dientes y las mucosas bucales, con el fin exclusivo o principal de limpiarlos, perfumarlos, modificar su aspecto, protegerlos, mantenerlos en buen estado o corregir los olores corporales.”

Centrándonos en el campo de los depilatorios, el desarrollo de estos productos sigue una línea histórica paralela a la de los cosméticos.

A continuación se introduce al mundo de la depilación, sus variantes y métodos.

5. LA DEPILACIÓN

Es importante matizar la diferencia existente entre la depilación y la epilación:

- La **depilación** (depilación química) consiste en eliminar la parte visible del pelo, es decir, la parte que sobresale de la piel.
- La **epilación** (depilación física) elimina el pelo desde la raíz.

Los métodos de epilación tienen como ventaja frente a la depilación, que retrasa a salida del vello, e incluso la erradican.

A continuación, se exponen las diversas técnicas para la eliminación del vello, las cuales se enmarcan en depilación o epilación.

5.1. CLASIFICACIÓN DE LA DEPILACIÓN

5.1.1. DEPILACIÓN FÍSICA

- AFEITADO

El afeitado o rasurado es el método de depilación menos duradero, ya que solo corta el pelo de la superficie de la piel.

El afeitado debe realizarse después de la aplicación de algún tipo de crema hidratante para la piel, para ayudar al desplazamiento de la cuchilla por la piel sin cortarla o rasparla.

Cada vez más, los fabricantes desarrollan nuevos modelos de cuchillas que facilitan el rasurado sin causar lesiones. Actualmente, en el mercado hay maquinillas con un cabezal más grande y ovalado, para adaptarse mejor a las zonas donde se va a aplicar, algunas presentaciones incluyen una banda que hidrata la zona afectada o mayor número de microcuchillas disminuyendo la presión sobre la piel al rasurar y evitando así una mayor irritación.

Este método se encuentra en la frontera entre cosmético y no cosmético, al comercializarse estas cuchillas con sustancias cosméticas que facilitan el afeitado e hidratan la piel. Este método tiene como principales ventajas la rapidez y la comodidad y es propio para el afeitado facial del hombre.

5.1.2. DEPILACIÓN QUÍMICA

- CREMAS DEPILATORIAS

Actúan sobre el filamento de la queratina, encargada de formar el vello corporal, y mantiene intacta la raíz del pelo. Estos depilatorios son soluciones alcalinas con pH igual o superior a 12, capaces de romper los enlaces de hidrógeno y los puentes de disulfuro (S-S) de la fibra capilar. De esta forma se elimina el pelo.

La formulación de un depilatorio está compuesta por unos principios activos, unas sustancias coadyuvantes que mejoran la acción y unos excipientes, los cuales son sustancias inactivas utilizadas para incorporar el principio activo.

Este sistema de depilación, al igual que las cuchillas, presenta el inconveniente de ser poco duradero su efecto, debido a que en realidad lo que hacen las cremas depilatorias es cortar el vello químicamente, quemándolo superficialmente.

Las cremas depilatorias son un método rápido y cómodo, ya que una vez aplicada la crema, se esperan entre 3 y 8 minutos, normalmente con un tiempo medio de 5 minutos, dependiendo del tipo de crema, y se procede a retirar mediante espátula o esponja.

Existen diferentes tipos de cremas depilatorias, entre ellas cremas depilatorias para ducha, cremas depilatorias post ducha, para pieles secas, sensibles y para diferentes partes del cuerpo (piernas, axilas, ingle, cremas faciales).

Es importante utilizar la crema depilatoria específica para las diferentes zonas del cuerpo, ya que en las mismas el vello varía con lo cual los componentes de las cremas están especialmente desarrollados para las diferentes zonas.

5.2. EPILACIÓN

Son cosméticos que actúan por medios físicos y destinados a realizar una depilación duradera. Su mecanismo consiste en encerrar el pelo y arrancarlo de raíz, actuando sobre el folículo piloso. Es uno de los métodos más dolorosos, y tiene como ventaja que ralentiza el crecimiento del pelo hasta seis semanas.

Dentro de la epilación, encontramos distintas clasificaciones:

a) Por arrancamiento.

- **Mediante pinzas.** Es el sistema más práctico y efectivo para eliminar vello en zonas pequeñas. Sin embargo, este método no resulta útil para zonas del cuerpo muy grandes.
- **Ceras depilatorias.** La depilación con cera arranca el pelo desde el folículo, por debajo de la superficie de la piel.

Las ceras epilatorias (depilatorias) se clasifican en ceras frías, calientes y tibias. Más adelante entraremos en profundidad, pues sobre las ceras depilatorias, y en particular la cera fría se centra el proyecto.

- **Maquinillas eléctricas epilatorias.** La epilación eléctrica por medio de maquinillas especiales extrae el pelo de raíz por medio de pequeñas pinzas que se encuentran ubicadas en los cabezales de la máquina. Por ello, la frecuencia del depilado con estas máquinas es de unas cuatro semanas. Después de cada depilación, el pelo pierde fuerza y disminuye de manera progresiva.

Las maquinillas eléctricas resultan especialmente efectivas si no permitimos que el vello crezca demasiado. En estos casos, resultan enormemente prácticas.

Otra de las ventajas de las depiladoras eléctricas es que con estas maquinillas tendremos la posibilidad de eliminar vellos muy finos que no desaparecen fácilmente con la cera u otros métodos.

b) Por destrucción.

- **Epilación eléctrica.** La epilación eléctrica también recibe el nombre de electrólisis. Esta técnica se basa en combinar dos tipos de corriente eléctrica: corriente galvánica y corriente alterna. La electrólisis galvánica es la que destruye el bulbo y la papila mediante la formación de hidróxido sódico. La corriente alterna de alta frecuencia es la responsable de la destrucción del pelo porque produce calor. Esta técnica requiere introducir el electrodo siguiendo la dirección del tallo piloso hasta la raíz. Después, se pasa la corriente durante 3-5 minutos y posteriormente se retira el pelo con una pinza.

- **Epilación láser.** Este método de depilación se basa en el empleo de luz. La transmisión de la luz se puede realizar mediante dos tipos de aparatos: láser u otro aparato que emita una pulsación de luz muy potente, previamente filtrada.

Se aplica un líquido sobre la piel que penetra hasta el folículo piloso. El láser barre la piel y su calor es absorbido por el líquido introducido, lo que quema el folículo. Es el método más reciente y el más costoso. La luz láser se transmite en una sola longitud de onda y en una misma dirección. La absorción de la energía electromagnética producida por el láser la lleva a cabo, en este caso, la melanina del pelo. Este cromóforo absorbe la luz y la transforma en calor, eliminando así el vello.

5.3. OTROS TIPOS DE DEPILACIÓN

Fuera de estas clasificaciones encontramos otros tipos de depilación. En los siguientes apartados se recogen dos formas más de eliminar el vello o disimularlo.

5.3.1. DEPILACIÓN TERMOQUÍMICA

La depilación termoquímica también conocida como “atrofia por calor” es uno de los sistemas existentes en el mercado para la eliminación del pelo de forma definitiva.

Para realizar una depilación termoquímica son necesarios un producto químico, un sistema de termoterapia y un sistema de tipo mecánico para la eliminación del vello.

El proceso consiste en primer lugar en la aplicación de un producto químico con actividad tricoatrófica, es decir, que actúa sobre su raíz destruyendo las células germinales que lo permiten crecer de nuevo. Este producto degenera y atrofia el pelo. En segundo lugar se necesita un sistema de termoterapia, aplicación de calor, que tiene una doble finalidad:

- Permitir la penetración del producto químico para que éste logre llegar a las células germinales y destruirlas.
- Potenciar y hacer más efectiva la acción de dicha formulación.

El sistema de termoterapia necesario para la depilación termoquímica, debe de emitir un calor superficial que actúe sólo en la superficie cutánea y de forma controlada. La temperatura debe estar, para ser efectivo el tratamiento, entre los valores de 37°C y 44 °C, pues si fuese superior no se produciría la correcta penetración de los compuestos activos del producto químico, y por tanto sería ineficaz.

Por último y para terminar se necesita un sistema mecánico de eliminación del vello como puede ser la cera de baja temperatura.

5.3.2. RETARDADORES DE VELLO

Los retardadores del vello son productos que se utilizan en la depilación progresiva como inhibidores del crecimiento con actividad tricoatrófica. Este tipo de productos interfiere sobre las células del bulbo piloso, a las que debilita y atrofia progresivamente.

Normalmente, se aplican después de efectuar una depilación por arrancamiento, y su uso continuado puede llegar a atrofiar definitivamente el bulbo piloso.

El mecanismo de acción de estos productos se especifica a continuación. En el ciclo de crecimiento capilar hay cuatro fases que se suceden:

- Anágena, la fase activa donde las células del folículo son metabólicamente muy activas (en esta fase, el pelo se hace visible en la superficie).
- Catágena, la fase más corta del ciclo y cuando cesa el crecimiento y se retrae del folículo.
- Telógena, fase de reposo.
- Exógena, fase de recambio o muda.

Para regular el ciclo capilar, es interesante utilizar este tipo de productos justo en la fase de crecimiento o anafase, para que puedan llegar a las células de la matriz del bulbo e inhibir los factores de crecimiento que regulan su desarrollo.

La inhibición, por disminución y retraso del crecimiento del vello, se puede conseguir por diferentes acciones.

- La acción química: por acción de sustancias citotóxicas que actúen sobre las células germinales del folículo.
- La acción enzimática: los tratamientos con productos que contienen enzimas atacan al folículo degradando la fibra de pelo naciente y dificultan así su crecimiento.
- La acción fisiológica: como es el caso de algunos extractos vegetales, que son capaces de modificar el ciclo de crecimiento del pelo de manera efectiva.

Después de la depilación, y sobre una piel libre de cera, se aplicará una cantidad de producto o un vial y se favorecerá su total absorción. Es importante realizar un ligero masaje de absorción para que el producto penetre bien y sea más efectivo.

5.3.3. DECOLORACIÓN O BLEACHING

La decoloración o “*bleaching*” no es en realidad un método de depilación, pero sí una forma de hacer el vello menos visible. Esto es especialmente útil para zonas que ya tienen vello fino pero oscuro, como puede ser en los brazos, cara o cuello. La decoloración se realiza mediante la aplicación de un producto químico en la zona deseada, el cual elimina el pigmento del cabello.

El fundamento de la decoloración se basa en la pérdida de color de la melanina del vello al oxidarse, proceso que tiene lugar cuando se mezcla el agua oxigenada con el amoníaco, en las proporciones requeridas y se aplica sobre el pelo.

Es importante, que las proporciones de agua oxigenada y amoníaco sean las adecuadas, para evitar daños en la piel, así como para evitar que la reacción sea muy rápida, y no decolore el vello, o muy lenta, tardando mucho en la decoloración.

5.3.4. CREMA FACIAL TÓPICA

Se vende exclusivamente con receta médica. Su principal función es reducir e inhibir el crecimiento del vello facial. El ingrediente activo es el hidrocloreuro de eflornitina, que se ha utilizado para tratar la enfermedad del sueño y algunos tipos de cáncer.

Esta crema depilatoria actúa directamente en el folículo piloso. Este folículo, en su etapa de crecimiento, necesita de unas enzimas especiales para conseguir fortalecerse. Esta crema actúa bloqueando esa enzima.

Una vez expuesto los métodos de para eliminar el vello, y la diferencia existente entre depilación y epilación, y como el término epilación no está aceptado por la RAE, se usará a lo largo del presente proyecto el término depilación para hacer referencia a ambas técnicas.

6. TIPOS DE CERAS DEPILATORIAS

Centrándonos en el producto en el cual va girar el desarrollo de este proyecto, una cera depilatoria fría, vamos a definir a continuación qué tipos de ceras depilatorias existen, cómo se usan, en qué formatos se nos presentan en el mercado, y cuáles son sus propiedades y características más importantes.

En este apartado, se pretende ofrecer una visión global de los productos depilatorios que se fabrican en la empresa, para posteriormente, centrarnos en el desarrollo de la cera fría que vamos a diseñar, desarrollar y fabricar.

- **Ceras frías**

Una cera fría es un producto depilatorio, donde su ingrediente principal, es decir su base, es un adhesivo (*Colophonium, Glyceryl Rosinate*, etc), y se caracteriza por su dosificación en bandas.

Las ceras frías depilatorias se fabrican en diferentes formatos, para su correcta utilización en diferentes partes del cuerpo, desde las corporales, hasta zonas sensibles como la cara o las axilas.

Se presentan sobre soportes flexibles, ya sea tipo celofán o non-woven, en forma de bandas de diferentes tamaños (corporal, facial, bikini...). Estos tipos de soportes presentan las siguientes características:

- Non-woven: es un film hecho de una dispersión de fibras de celulosa unidas con resinas adhesivas sobre una lámina de plástico para evitar el traspaso de la cera. Es un material que presenta un aspecto más higiénico (color blanco generalmente), suave y flexible que el celofán.
- Celofán: es un film natural derivado de la celulosa, es un material más rígido que el non-woven, con menos absorción de cera que éste, con lo cual necesita una menor dosis para tener igual eficacia. Además presenta una mayor biodegradabilidad.

El modo de empleo de una cera fría se describe a continuación.

En primer lugar, se frota la banda con las manos para calentar la cera, hasta que ésta pierda rigidez, y se haya alcanzado una temperatura alrededor de 30 °C. Se separan las bandas y se aplica sobre la zona de piel a depilar, en la dirección del pelo, alisándola con la mano para obtener una perfecta adherencia. Finalmente se quita la banda con un solo y rápido tirón, siempre a contrapelo, es decir, en dirección contraria al crecimiento del vello.

En el presente proyecto, se pretende mejorar la temperatura a cual la banda se separa y se aplica sobre la piel, permitiéndose así que la banda se separe a temperatura

ambiente sin ningún esfuerzo en la separación, aplicándose posteriormente en la zona deseada. Esto hecho generará problemas que deberemos solucionar conforme se vaya desarrollando el producto, tales como esparcimientos de la cera más allá del área que ocupa en el soporte, pues para conseguir que la banda se separe con mayor facilidad, la formulación de la cera se modifica, y habrá que ajustarlas para que se obtengan resultados satisfactorios.

- ***Ceras calientes***

Son sólidas cuando están frías. Si se calientan entre 55 y 65 °C se vuelven viscosas y muy pegajosas. Al aplicarlas sobre la piel se adhieren a todo tipo de vello, incluso el corto y sedoso. Como la cera está caliente, el poro se abre y se favorece la eliminación del vello de manera más profunda.

Son ceras que se presentan generalmente en cazuelas de plástico acompañadas de una espátula para su aplicación. Estas ceras se calientan en el microondas siguiendo los tiempos de calentamiento y la potencia que se especifican en las instrucciones de uso para después aplicarla con la espátula.

La aplicación se realiza cogiendo una cantidad de cera con la espátula y aplicándola en sentido del crecimiento del pelo. Una vez que la cera se ha enfriado y solidificado se retira con un fuerte tirón a contrapelo. Estas ceras no suelen dejar restos en la piel.

Dichas ceras, una vez que se han solidificado, ya no se pueden volver a usar. Para usarlas de nuevo habría que volver a calentarlas. Al contrario de lo que se pueda pensar, las ceras calientes no se podrán recalentar de manera indefinida, pues sus propiedades variarán, y no se asegurarán las condiciones para las que fueron testadas.

- ***Ceras tibias***

Las ceras tibias se clasifican en dos tipos principales, las ceras tibias hidrosolubles y las ceras tibias liposolubles. Como su propio nombre indica, los restos de ceras tibias hidrosolubles se podrán retirar con agua, mientras que los restos de las ceras tibias liposolubles con aceite.

Estas ceras presentan un punto de fusión similar a la temperatura corporal (37°C - 38°C), con lo que requieren un mínimo calentamiento en el microondas, de treinta a cuarenta y cinco segundos. En su formulación incluyen resinas y aceites minerales y vegetales.

La gran ventaja de estas ceras es su temperatura de aplicación, similar a la temperatura de la piel, no produciendo tanto enrojecimiento cutáneo como pueden producir la cera fría, y en mayor medida la cera caliente. Son apropiadas para personas con ligeros problemas circulatorios.

Las ceras tibias se presentan en dos tipos de envases: en cazuelas de plástico acompañadas de una espátula, al igual que las ceras calientes, o en rollones de plástico;

en ambos casos, antes de su aplicación se calentarán en el microondas siguiendo las instrucciones de uso.

La cera se aplica sobre la piel en la dirección del pelo, al igual que las anteriores, y se retira mediante una banda de non-women a contra pelo.

7. COMPOSICIÓN GENERAL DE LAS CERAS DEPILATORIAS

FUNCIÓN	MATERIA PRIMA	PROPIEDADES
ADHESIVO	RESINAS NATURALES	Es de origen natural. Es el adhesivo por excelencia. Nunca puede ir sola por su baja estabilidad. Hay diferentes tipos, con diferentes propiedades. Entre ellas destacan <i>Colophonium</i> y <i>Glyceryl Rosinate</i> .
	RESINAS SINTÉTICAS	Al ser sintéticas dan una gran estabilidad. Existen incoloras, con grandes posibilidades de coloración (los policiclopentadienos) y amarillas (copolímero estireno). En deshuso por su alto coste en comparación con las naturales.
PLASTIFICANTES	ACEITES, CERAS DE ABEJA Y CERAS MICROCRISTALINAS	Con ellos obtenemos la fluidez suficiente quitándole la dureza a los adhesivos. Cuanto menor sea su porcentaje, mayor será la viscosidad de la cera y mayor será la posibilidad de aparición de restos. Pueden ser sintéticas o vegetales. Restan adhesión a la cera. Son de vital importancia para la producción de ceras frías.
MODIFICADORES DE VISCOSIDAD	POLYETHYLENE	Su función es evitar excesiva fluidez cuando se mezclan los adhesivos y los plastificantes. El exceso tampoco es ventajoso. También es considerado un plastificante.
CONCEPTOS/ADITIVOS	COLOR, OLOR, EXTRACTOS	No suele tener efectos sobre la eficacia del producto, pero pueden modificar la rigidez y viscosidad de una cera. Atiende a criterios muy diversos como son el marketing y el gusto de los clientes.
ANTIOXIDANTES/CONSERVANTES		Su misión es evitar la oxidación prematura de la cera y conseguir una buena estabilidad de la cera en el tiempo.

Tabla 1. Composición general de las ceras depilatorias.

8. LA CERA FRÍA. COMPOSICIÓN

A continuación, se va tratar con detalle los componentes que una cera fría posee, sus propiedades y su efecto en la fabricación de las mismas.

8.1. ADHESIVOS

Posiblemente, es la materia prima más importante en la fabricación una cera fría, pues es ella la que tiene mayor efecto sobre el arrancamiento del vello.

Definimos el adhesivo como un material no-metálico que es capaz de unir dos sustratos mediante los mecanismos de adhesión (desarrollados entre el adhesivo y el sustrato) y los mecanismos de cohesión (desarrollados en el interior del propio adhesivo).

Los adhesivos son materiales compuestos por polímeros orgánicos que se presentan en estado líquido cuando se aplican, y que se transforman en estado sólido tras su posterior curado o endurecimiento.

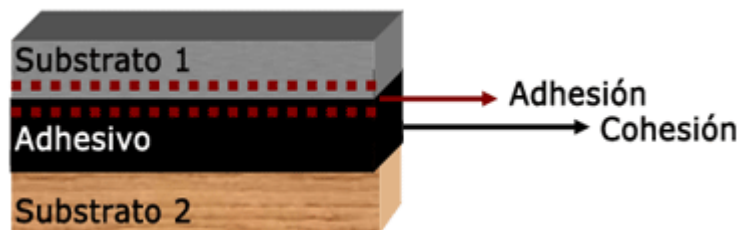


Ilustración 1. Representación de la unión adhesivo - sustrato.

Atendiendo a la ilustración 1 y a la definición de adhesivo, necesitamos definir tres conceptos importantes, que son:

- Sustrato o adherente.
- Adhesión.
- Cohesión.

Definición de sustrato o adherente. Un sustrato o adherente es un material que se une mediante un adhesivo debido a los mecanismos de adhesión. Por ejemplo, en una banda de cera, el non women es el sustrato o adherente.

Definición de cohesión. Se define cohesión como la atracción entre moléculas que mantiene unidas las partículas de una misma sustancia o cuerpo. La cohesión es diferente de la adhesión; la cohesión es la fuerza de atracción entre partículas adyacentes dentro de un mismo cuerpo, mientras que la adhesión es la interacción entre las superficies de distintos cuerpos.

Definición de adhesión. La adhesión corresponde a todas las fuerzas o mecanismos que mantiene unido el adhesivo con cada sustrato. El término de adhesión se refiere a una fina capa (capa límite) que existe entre el sustrato y el propio adhesivo.

En la definición de adhesión se utilizan dos conceptos importantes a definir:

- Fuerza o mecanismos que mantiene unido el adhesivo con cada sustrato.
- Capa límite.

Las fuerzas o mecanismos se refieren tanto a las fuerzas creadas por las fuerzas intermoleculares, los enlaces químicos, así como a los mecanismos de anclaje mediante rugosidad, adsorción y difusión.

El fenómeno de adsorción se produce cuando parte de los polímeros del adhesivo entra en contacto con el sustrato pero no lo atraviesan, manteniéndose unidos a este mediante la acción de las fuerzas intermoleculares y/o enlaces químicos que se desarrollan en la zona de adhesión denominada capa límite o interfase. Podemos definir la adsorción como la adhesión del adhesivo sin penetración al sustrato.

Por el contrario en el fenómeno de difusión parte de que los polímeros que conforma el adhesivo atraviesan el sustrato, generando puntos unión y anclaje entrelazando ambos materiales. Podemos definir la difusión como la adhesión del adhesivo con penetración al sustrato.

La capa límite se refiere a una fina capa correspondiente a las interfases entre el sustrato y el adhesivo en donde se producen todas las fuerzas mencionadas anteriormente.

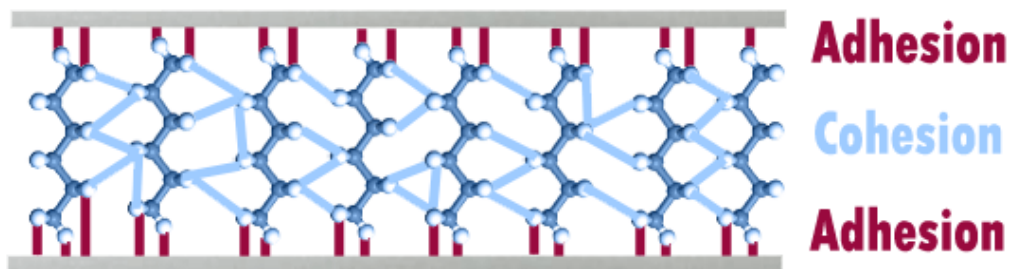


Ilustración 2. Representación fuerzas adhesivo – sustrato.

Con objeto de garantizar la calidad de la adhesión entre dos materiales es importante cumplir los siguientes dos parámetros:

- Elección de la preparación y limpieza adecuada al sustrato que se quiere aplicar el adhesivo.
- Elección correcta del adhesivo durante la fase del diseño, tanto por la compatibilidad del adhesivo con el sustrato, como por los efectos del envejecimiento que puede soportar el adhesivo.

El uso de ensayos destructivos permite evaluar la correcta adhesión de una unión según el tipo de fractura (cohesiva, adhesiva o mixta) y el valor de la resistencia de fractura obtenida del ensayo.

Así, el fallo de una unión adhesiva puede ocurrir según tres posibles modos:

- *Separación por adhesión*: cuando la separación se produce en la interfase sustrato-adhesivo.
- *Separación por cohesión*: cuando se produce la ruptura del adhesivo.
- *Ruptura de sustrato*: cuando el propio sustrato rompe antes que la unión adhesiva o que la interfase sustrato-adhesivo.

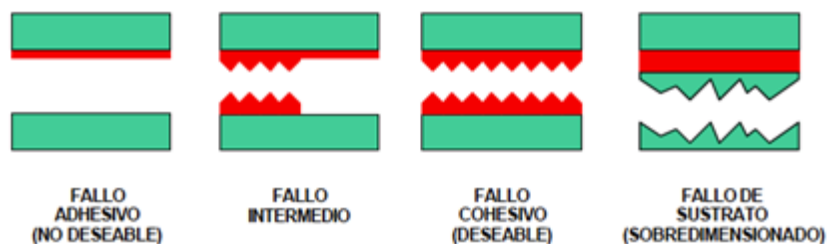


Ilustración 3. Tipos de fallos en la unión adhesivo – sustrato.

Cuando se diseña una unión adhesiva se pretende que la rotura no sea en ningún caso adhesiva, es decir, que la separación nunca se produzca en la interfase sustrato-adhesivo. Los modos de rotura adhesiva no son nunca predecibles, puesto que la magnitud de la fuerza de adhesión, depende de un gran número de factores rara vez controlables en su totalidad. Por el contrario, sí se pueden conocer las características mecánicas del adhesivo y, por tanto, se pueden predecir las cargas a la rotura en modo cohesivo bajo diferentes tipos de esfuerzos.

8.1.1. CLASIFICACIÓN ADHESIVOS

El principal objetivo de clasificarlos es agrupar el amplio abanico de adhesivos que existen actualmente en el mercado, con objeto de simplificarlo para entender de una manera sencilla cómo se originan, cómo funcionan y las posibles aplicaciones en las que se pueden usar.

Una primera clasificación de los adhesivos es dividirlos en función de su origen o naturaleza, así pues tenemos adhesivos de origen natural y adhesivos de origen sintético.

- Los adhesivos de origen natural son aquellos que se producen o se extraen de los recursos naturales de nuestro planeta, recursos como los vegetales o animales, el almidón, las colas de caseína o el caucho natural son ejemplos de adhesivos naturales.

- Los adhesivos de origen sintético son aquellos que no se encuentran en la naturaleza y son diseñados y fabricados por el hombre. Podemos decir que los adhesivos de origen sintéticos son los adhesivos de laboratorio desarrollados gracias a los avances científicos en el campo de la química. La principal característica y punto en común de los adhesivos de origen sintéticos es que todos están basados en polímeros.

En la industria, los adhesivos sintéticos encuentran un mayor desempeño, debido a las altas propiedades mecánicas, físicas y químicas de estos adhesivos frente a los adhesivos de origen natural.

Existen diversas maneras de clasificar el amplio catálogo de adhesivos sintéticos existentes hoy en día, siendo la clasificación más importante la clasificación por estructura y naturaleza polimérica:

- a) Adhesivos termoplásticos: son aquellos materiales que están formados por polímeros que se encuentran unidos mediante fuerzas intermoleculares o fuerzas de Van der Waals, formando estructuras lineales o ramificadas.

Un material termoplástico lo podemos asemejar a un conjunto de cuerdas entremezcladas, cada una de estas cuerdas es lo que representa a un polímero.

En función del grado de las fuerzas intermoleculares que se producen entre las cadenas poliméricas, estas pueden adoptar dos tipos diferentes de estructuras:

- Estructura amorfa: las cadenas poliméricas adquieren una estructura liada, semejante a de la un ovillo de hilos desordenados, dicha estructura amorfa es la responsable directa de las propiedades elásticas de los materiales termoplásticos.
- Estructura cristalina - Las cadenas poliméricas adquieren una estructura ordenada y compacta, se pueden distinguir principalmente estructuras con forma lamelar y con forma micelar. Dicha estructura cristalina es la responsable directa de las propiedades mecánicas de resistencia frente a esfuerzos o cargas así como la resistencia a las temperaturas de los materiales termoplásticos.

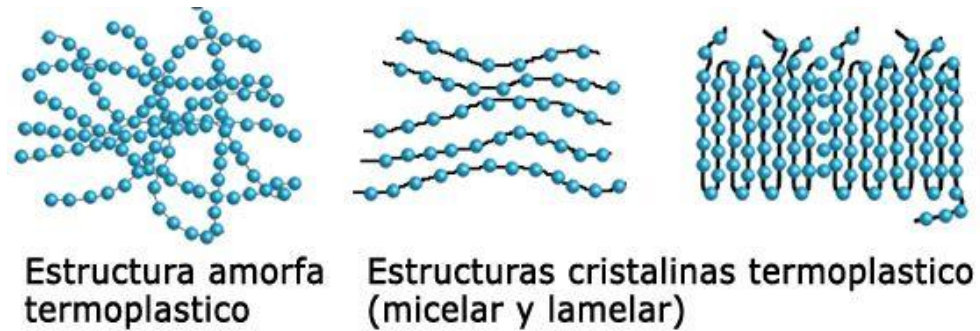


Ilustración 4. Estructuras de los termoplásticos.

- b) Adhesivos elastómeros: son aquellos materiales que están formados por polímeros que se encuentran unidos mediante enlaces químicos, adquiriendo una estructura final ligeramente reticulada.

Mientras mayor sea el número de enlaces químicos y más fuertes sean estos, más ordenados y rígidos se vuelve. Se caracterizan porque vuelven a su estado original después de ser sometido a una tensión.

La principal característica de los materiales elastómeros es la alta elongación o elasticidad y flexibilidad que disponen dichos materiales frente a cargas antes de fracturarse o romperse.



Ilustración 5. Estructura de los materiales elastómeros.

En función de la distribución y grado de unión de los polímeros, los materiales elastómeros pueden clasificarse en:

- Elastómeros termoestables: son aquellos elastómeros que al calentarlos no se funden o se deforman.
 - Elastómeros termoplásticos: son aquellos elastómeros que al calentarlos se funden y se deforman.
- c) Adhesivos termoestables: son aquellos materiales que están formados por polímeros unidos mediante enlaces químicos, adquiriendo una estructura

polimérica altamente reticulada, mucho mayor que en el caso de los elastómeros.

La estructura altamente reticulada o unida mediante enlaces químicos que poseen los materiales termoestables, es la responsable directa de las altas resistencias mecánicas y físicas (esfuerzos o cargas, temperatura...) que presentan dichos materiales comparados con los materiales termoplásticos o elastómeros.

Por contra es dicha estructura altamente reticulada la que aporta una pobre elasticidad a dichos materiales, proporcionando a dichos materiales su característica fragilidad.



Ilustración 6. Estructura de los materiales termoestables.

8.2. PLASTIFICANTES

Con ellos se obtiene la fluidez suficiente quitándole la dureza a los adhesivos. Cuanto menor sea su porcentaje, mayor será la viscosidad de la cera y mayor será la posibilidad de aparición de restos.

Pueden ser sintéticas o vegetales y restan adhesión a la cera. Son de vital importancia para la producción de ceras frías.

8.2.1. CERAS NATURALES

Se entiende por resinas naturales aquellas secreciones endurecidas procedentes de árboles vivos extraídas de la savia bien por exudación natural o provocada artificialmente por incisión en su corteza. Pueden también tener origen fósil, como el ámbar, o animal, como la goma laca. Son insolubles en agua, pero se disuelven total o parcialmente en disolventes orgánicos como los hidrocarburos, cetonas, ésteres y alcoholes, dependiendo la solubilidad del origen de la resina. Las resinas varían mucho en propiedades como el olor, la forma de solidificación, la dureza, la solubilidad, el color y su estabilidad.

- **Ceras de abejas.**

Creada por las abejas, la cera virgen inmediatamente después de ser secretada, formada y elaborada es de color blanca. A lo largo del tiempo de utilizada en los panales va adquiriendo un color más oscuro debido a la incorporación de polen, propóleos, mudas y restos anatómicos.

- **Propiedades físico-químicas**

El punto de fusión no es constante ya que la composición varía levemente según su origen. Varias farmacopeas establecen un rango de 62-65 °C. Por otro lado, la densidad relativa a 15 °C es 0.958-0.970 g/cm³. Su índice de acidez es de 17 a 24 e, y su índice de saponificación 87 a 104 mgKOH/g.

La cera es un material inerte con alta plasticidad a temperatura relativamente baja (alrededor de 32 °C). La cera de abeja es también insoluble en agua y resistente a varios ácidos, pero es soluble en la mayoría de los solventes orgánicos.

- Composición

Su composición se resume en:

70%: Ésteres de cadena larga y alcoholes con ácidos grasos
14%: Hidrocarburos de cadenas C25-C35
15%: Ácidos libres
1%: Alcoholes libres

Tabla 2. Composición de cera de abeja.

- Aplicaciones

Además de su uso en ceras depilatorias como plastificantes de estas, se usa en multitud de productos cosméticos, como son las barras de labios y los bálsamos, para todo tipo de crema de piel y de pelo, mascarillas, etc. También tiene un uso extendido tanto en farmacia como en alimentación.

• Cera de Carnauba.

Carnauba, también llamado en Brasil cera y palma de cera, es una cera de las hojas de la palma *Copernicia Prunifera*, una planta nativa y cultivada sólo en los estados brasileños del noreste de Piau, Ceará y Rio Grande do Norte. En su estado puro, por lo general viene en forma de escamas de color amarillo-marrón duros.

- Composición

Su composición se resume en:

80-85%: Ésteres alifáticos y aromáticos
3-6%: Ácidos libres
10-15%: Alcoholes libres
2-3%: Lactidas
1-2%: Hidrocarburos
4-6%: Resinas

Tabla 3. Composición cera de carnauba.

Esta cera se vende en varios grados, como T1, T2, T4 y, dependiendo del nivel de pureza. La purificación se lleva a cabo mediante filtración, centrifugación, y blanqueo.

- Aplicaciones

Debido a sus propiedades hipoalergénicas y emoliente, así como su brillo, la cera de carnauba aparece como un ingrediente en muchas fórmulas de cosméticos, donde se usa para espesar el lápiz labial, delineador de ojos, rímel, sombra de ojos, bases, desodorante, diversas preparaciones para la piel, productos de protección solar, etc.

También se utiliza en la industria farmacéutica como un agente de recubrimiento de tabletas. La cera de carnauba no es muy soluble en hidrocarburos clorados o aromáticos.

- **Ceras derivadas de la goma.**

Tiene un punto de fusión de 80 °C y es poco cristalino. Tiene como características importantes en la fabricación de una cera que ayuda a la dispersión de los pigmentos. Presenta facilidad para emulsionar y es soluble en aceites no polares.

- **Cera de Candelilla.**

La cera proviene de la planta *Euphorbia Antisyphilitica Zucc* o *Euphorbia Cerífera* también conocida como planta de candelilla, la planta es dura y quebradiza. Sin refinar la cera tiene un aspecto opaco, dependiendo de la refinación y grado de blanqueado es el color que obtiene y esta puede ser desde café claro hasta amarillo, la cera es insoluble en agua pero altamente soluble en acetona y cloroformo. La planta crece en zonas de clima semi-desértico, se encuentra en mayor abundancia en el desierto de chihuahua.

- Composición

Su composición se resume en:

8%: Ésteres hidroxilados
21%: Ésteres libres
57%: Hidrocarburos
7%: Ácidos libres
14%: Alcoholes libres

Tabla 4. Composición cera de candelilla.

- Aplicaciones

Es esencial en la fabricación de cosméticos, productos farmacéuticos, pulimentos, emulsiones, adhesivos, y tintas. También se utiliza en la producción de goma de mascar, pinturas, velas, lubricantes, recubrimiento de papel, anticorrosivo, recubrimientos de cartón, recubrimiento de frutas, fuegos artificiales, pulidores, brillos para muebles, piel, automóviles, pisos, aislantes eléctricos, cerillos, circuitos integrados, confitados, lacas, moldeo, plásticos, textiles, entre otros.

- **Cera de baya.**

Procedentes de dicha planta, es blanquecina y cien por cien a base de vegetales.

- Propiedades

Como propiedades físico-químicas, destaca por su punto de fusión relativamente bajo (52 °C).

- Composición

90%: Gliceroléteres de ácidos grasos
21%: Gliceroléteres de ácidos dibásicos
5%: Ácidos grasos libres y alcoholes

Tabla 5. Composición cera de baya.

- Aplicaciones

Se usa en multitud de aplicaciones cosméticas como emulsiones para el cuidado de la piel, lubricante aditivo para barras y lápices cosméticos, bálsamos y brillos de labios.

- **Cera de semillas de girasol y salvado de arroz.**

Tienen igual punto de fusión, 78 °C, aunque el salvado de arroz cristaliza y la cera de girasol no. Se usan para productos cosméticos y farmacéuticos.

8.2.2. CERAS SINTÉTICAS

Se distinguen dos grupos principales, ceras microcristalinas y ceras macrocristalinas.

- Las ceras macrocristalinas, con hidrocarburos generalmente lineales y puntos de fusión que varían habitualmente entre los 40 y 70 °C.

Las propiedades de dureza de las ceras macrocristalinas, su temperatura de fusión y el grado de refino las hacen adecuadas para aplicaciones tan diversas como:

- Velas, velones y ceras de acabado: buen quemado y color, sin producción de humo.
- Cerillas: productos de papel y madera para controlar el quemado y mejorar la rigidez de la cerilla.
- Uso doméstico: aplicación en abrillantadores de suelo, muebles y cremas para el calzado.
- Protectores de oxidación: su hidrofobicidad evita que el agua y agentes externos deterioren los metales.

- Otros usos: emulsiones de parafina, vaselinas técnicas, uso deportivo (skis), etc.

Y aplicaciones cosméticas como:

- Emulsiones FDA: adecuadas para aplicaciones donde el producto está en contacto con alimentos.
- Vaselinas cosméticas: su alta pureza permite su uso en aplicaciones cosméticas y medicinales.

Características y métodos utilizados para su medida para diferentes tipos:

	UNIDAD	METODO	RS	450	234	356	360	100
Punto de fusión	°C	ASTM D 127	45	53	54	56	56	58
Viscosidad a 100°C	cSt	ASTM D 445	2,5	3,5	3,5	3,5	4,5	4
Penetración a 25°C	mm/10	ASTM D 1321	70	55	45	45	25	18
Aceite	%	ASTM D 721	5	5	5	3	1,5	0,5
Color	-	ASTM D-156	25	22	22	22	25	25

	UNIDAD	METODO	5860	115	137	360-A	150	7030
Punto de fusión	°C	ASTM D 127	59	60	60	61	62	78
Viscosidad a 100°C	cSt	ASTM D 445	4	4,5	4,5	4,5	4,5	11
Penetración a 25°C	mm/10	ASTM D 1321	17	20	20	26	18	10
Aceite	%	ASTM D 721	0,5	1	1	1,5	0,5	0,5
Color	-	ASTM D-156	25	25	22	25	25	25

Tabla 6. Características y métodos de medidas de propiedades para ceras sintéticas macrocristalinas.

- Las ceras microcristalinas, poseen puntos de fusión superiores a los 80 °C y predominan las cadenas de hidrocarburos ramificadas. Al ser productos de alto punto de fusión, buena flexibilidad, facilidad para el moldeo y adherencia, su uso más generalizado es:
 - Textil: técnica del batik en seda, decorado a mano de telas.
 - Electrónica: sellado y protección de componentes.
 - Uso agrícola: sellado de injertos y poda.
 - Hot-melt: su flexibilidad y adherencia las hace idóneas para esta aplicación.

Características y métodos utilizados para su medida para diferentes tipos:

	UNIDAD	METODO	135	139-F	145	74
Punto de fusión	°C	ASTM D 127	82	78	78	74
Viscosidad 100°C	cSt	ASTM D 445	16	15	16	10
Penetración a 25°C	mm/10	ASTM D 1321	27	30	70	22
Aceite	%	ASTM D 721	2.5	2.5	5	1

Tabla 7. Características y métodos de medidas de propiedades para ceras sintéticas microcristalinas.

8.3. MODIFICADORES DE VISCOSIDAD

En las condiciones experimentales más elementales, la viscosidad de una suspensión depende de la concentración, de la forma y del potencial zeta de las partículas.

Si bien la viscosidad de una suspensión está dada de una manera directa por la proporción en que se encuentra la fase dispersada con relación al volumen total, son pocas las fórmulas que no incluyen algún agente que aumente la viscosidad del medio. Con estas modificaciones se reducen los movimientos de las partículas y la frecuencia de colisiones entre ellas, con lo cual también disminuye la posibilidad de formar agregados que sedimentarían más rápidamente dando lugar a depósitos difíciles de redispersar.

Pero la viscosidad de una suspensión no puede aumentarse todo lo que se quiera puesto que podría dejar de ser utilizable, desde un punto de vista práctico.

En consecuencia, los agentes modificadores de la viscosidad utilizados deben reunir algunos requisitos generales, entre los que pueden mencionarse:

- Las propiedades reológicas que imparten a la suspensión no deben cambiar significativamente durante la vida de la formulación.
- Deben ser compatibles con el resto de componentes de la fórmula.
- No poseer por sí mismos actividad terapéutica, tóxica ni irritante.

Teniendo presentes las condiciones citadas, existe una gran cantidad de productos que se utilizan con esta finalidad y a los que podemos recurrir para resolver los problemas de viscosidad que se nos presentan en la formulación de una cera fría depilatoria, principalmente problemas en la dosificación de la cera sobre el non-woven (soporte), y los esparcimientos de la cera fuera del área que ocupan en el non-woven, manchando el soporte y obteniéndose una banda poco estética.

La elección del agente espesante adecuado exige un estudio exhaustivo de las condiciones requeridas en el producto terminado.

Todos ellos actúan incrementando la viscosidad, se adsorben sobre la superficie de las partículas dificultando la sedimentación y el crecimiento cristalino de estas. Estos compuestos no sólo aumentan la viscosidad, sino que son capaces de retardar la sedimentación, de ahí que se deba seleccionar el más apropiado a la concentración más adecuada. Habrá que tener en cuenta la compatibilidad química, pH del medio, reproducibilidad de resultados, bajo costo, etc.

8.4. CONCEPTOS

Se entiende como concepto cualquier elemento que se añade a un cosmético, en este caso una cera depilatoria fría, y que tiene como finalidad llamar la atención del cliente. Estos conceptos también reciben el nombre de “claims” o reclamo, y que son para el caso de la cera fría: colorantes, perfumes y extractos.

- **Colorantes**

Los colorantes son sustancias encargadas de aportar color al cosmético a fin de hacerlo más agradable a la vista. Deben incluirse colorantes que no afecten a las propiedades del producto y que tenga capacidad de disolverse en el excipiente.

Normalmente, en la formulación de un cosmético no se indica el nombre del colorante, sino que se remite a un código internacional compuesto por el prefijo CI (de color index) seguido de un número de cinco cifras.

Los colorantes pueden ser de origen natural, es decir, derivados de alguna sustancia extraída de algún ser vivo (como el ácido carmínico, E-120 o CI-75470) o sustancias inorgánicas. O de origen artificial, es decir, sintetizados en el laboratorio, siendo estos últimos con mucha diferencia los más habituales.

Debe cuidarse mucho los colorantes aplicados, ya que son causantes de múltiples problemas como alergias o hipersensibilidades. La legislación clasifica los colorantes en cuatro grandes grupos en función de la zona de aplicación permitida.

De este modo, los colorantes del grupo 1 son aquellos permitidos en todos los productos cosméticos. Dentro de este grupo se encontrarían los colorantes alimentarios. Por ejemplo, la azorrubina, de color rojo (E-122 ó CI-14720); o la crisoiína, de color naranja (E-103 ó CI-14270).

Los colorantes del grupo 2 son aplicables en cosméticos de uso general no incluyendo el área ocular (al poseer una piel más fina, es mucho más delicada y permeable). Entre otros encontramos, por ejemplo, el Anaranjado II (CI-15510), o el Saffron (CI-75100).

En el grupo 3 se incluirían aquellos de uso externo, no permitidos en cosméticos que entren en contacto con los labios o las membranas mucosas. Entre otros, el Verde Naftol (CI-10020), o el Amarillo III (CI-11710).

En el grupo 4 entrarían aquellos colorantes destinados a ser puestos en contacto brevemente con la piel, como el pardo permanente (CI-12480).

A la hora de elegir un colorante, se deben de seguir unos pasos. Esto se debe a la gran diferencia de leyes existente entre los países. Por tanto se tendrá en cuenta dos factores, un factor técnico y un factor legislativo.

El técnico seguirá tres pasos a la hora de seleccionar el colorante adecuado, y estos serán:

1. Se desarrolla el producto sin colorante, y la elección de este dependerá del país donde se comercialice la cera.
2. Posteriormente se selecciona un grupo de colorantes adecuados para nuestro producto, pues como ya se ha visto, no todos los colorantes son apropiados para determinadas partes del cuerpo, o para determinados cosméticos. Se comprueba que el grupo de colorantes seleccionados estén aceptados en el país de comercialización.
3. Finalmente, se colorea el producto y se llevan a cabo los test de estabilidad correspondiente.

- **Perfumes**

Encargados de aportar olor al cosmético. Muchos excipientes, principios activos y aditivos tienen olores desagradables. Además, el olor de los cosméticos es un incentivo para su venta y uso.

Debe adaptarse el olor con el color del perfume (un olor mentolado debe aplicarse a un cosmético con tonalidades verdosas o de lo contrario restaremos naturalidad al producto).

Además, debe ser totalmente soluble en el excipiente principal y compatible con el resto de componentes del cosmético así como con el envase. Y no ser irritante para la piel ni para las mucosas o semimucosas cuando se aplique cerca de estas.

- **Extractos**

Un extracto es una sustancia obtenida por extracción de una parte de una materia prima, a menudo usando un solvente como etanol o agua. Los extractos pueden comercializarse como tinturas o en forma de polvo.

Los principios aromáticos de muchas especias, frutos secos, hierbas, frutas, etcétera y algunas flores se comercializan como extractos, estando entre los extractos auténticos más conocidos los de almendra, canela, clavo, jengibre, limón, nuez moscada, naranja, menta, pistacho, rosa, hierbabuena, vainilla, violeta y té de Canadá.

La mayoría de esencias naturales se obtienen extrayendo el aceite esencial de las flores, frutas, raíces, etcétera, o de la planta entera, mediante cuatro técnicas:

- Extrusión, cuando el aceite es abundante y fácil de obtener, como en la piel de limón.
- Absorción, generalmente por infusión en alcohol, como las vainas de vainilla.

- Maceración, usada para crear trozos pequeños de un total, como en la elaboración del extracto de menta, etc.
- Destilación, usada como la maceración, aunque en muchos casos exige un conocimiento químico experto y el uso de costosos alambiques.

Los extractos más usados en las ceras son: extractos de argan, de caléndula, de camomila, de aloe vera, de almendras, etc.

8.5. CONSERVANTES

Los conservantes son los encargados de evitar el deterioro del producto con el paso del tiempo. Las alteraciones más comunes que puede sufrir un cosmético son la oxidación de sus productos, y la contaminación por agentes biológicos, fundamentalmente bacterias y hongos. Para esto se usarán antioxidantes y antimicrobianos respectivamente.

Aunque se va a explicar ambos conservantes, en la formulación de una cera fría, no se contempla el uso de antimicrobianos, solo el uso de antioxidantes.

- **Antioxidantes**

Como decíamos, evitan la oxidación de los componentes del cosmético. Los adhesivos son especialmente sensibles a la oxidación, formando moléculas de mayor tamaño y produciendo un aumento de la rigidez en la banda (non-woven).

En general los oxidantes son moléculas de naturaleza orgánica que se oxidan con relativa facilidad. De este modo, cuando un oxidante actúa sobre la cera, en lugar de oxidarse los componentes de este se oxidan los oxidantes, evitando de este modo el deterioro. Los oxidantes dejarán de ser efectivos cuando se hayan oxidado completamente o ante la acción de oxidantes muy fuertes.

Existen muchos tipos de antioxidantes, entre los que destacan la vitamina C (ácido ascórbico, E-300), la vitamina E (tocoferol y sus derivados) y algunos derivados del benceno como el bituihidroxianisol (BHA, E-320) y el butilhidroxitolueno (BHT, E-321).

- **Antimicrobianos**

Son productos encargados de evitar o controlar el crecimiento de microorganismos sobre el cosmético. Muchos cosméticos tienen componentes que los harían idóneos para el crecimiento de hongos y bacterias. Estos, con su actividad, modificarían muchos componentes y además supondría un serio riesgo de infección cutánea para quien lo aplicase.

De ahí el uso de estas sustancias. Entre los antimicrobianos más habituales destacan los derivados de ácido benzóico y para-aminobenzóico, la imidazolinil-urea, triclosan, adamantanos, algunos derivados del amonio cuaternario, etc.

Su cantidad está regulada, ya que en general no son totalmente inocuos para la piel, pudiendo producir reacciones adversas en determinadas personas, siendo relativamente comunes las reacciones alérgicas a algunos de ellos.

Debemos tener en cuenta que la mayor parte de los antimicrobianos serán bien solubles en grasas, bien solubles en agua, pero pueden no ser solubles a la vez en ambos medios. En el caso de emulsiones, puede ser necesario que existan dos grupos de antimicrobianos, unos destinados a actuar en la fracción acuosa y otros destinados a actuar en la fracción grasa.

Todo esto no quiere decir que los cosméticos sean estériles, pero el contenido de hongos y bacterias debe estar totalmente controlado (no se pueden superar 1000 gérmenes por gramo).

9. ETIQUETADO DEL PRODUCTO Y TERMINOLOGÍA INCI

La etiqueta de un producto es uno de los instrumentos más valiosos para hacer valer el derecho a la información de los consumidores antes de comprar. Los poderes públicos deben velar por que las etiquetas cumplan su misión, y por ello, la ley fija una serie de obligaciones sobre los fabricantes de cosméticos.

En los recipientes y embalajes de todo producto cosmético puesto en el mercado deberán figurar, con caracteres indelebles, fácilmente legibles y visibles, las menciones siguientes:

- Denominación del producto.
- El nombre o la razón social y la dirección o el domicilio social del fabricante, o en el caso de los productos cosméticos importados, el nombre o la razón social y la dirección o el domicilio social del responsable de la puesta en el mercado del producto establecido dentro del territorio comunitario. Estas menciones podrán abreviarse siempre y cuando su abreviatura permita, en términos generales, identificar a la empresa.
- El contenido nominal en el momento del acondicionamiento, indicado en peso o en volumen, salvo para los envases que contengan menos de 5 g o menos de 5 ml, las muestras gratuitas y las dosis únicas; Esta mención no será necesaria cuando sea fácil determinar desde el exterior el número de piezas o si el producto sólo se comercializa normalmente por unidades sueltas.
- La fecha de caducidad mínima. Se indicará mediante la mención “utilícese preferentemente antes de final de...”, indicándose a continuación: o bien la propia fecha, o bien la indicación del lugar del etiquetado donde figura.
- Las precauciones particulares de empleo.
- El número de lote de fabricación o la referencia que permita la identificación de la fabricación. Cuando esto no fuera posible en la práctica, debido a las reducidas dimensiones de los productos cosméticos, esta mención sólo deberá figurar en el embalaje.
- País de origen cuando se trate de productos cosméticos fabricados fuera del territorio comunitario.
- La función del producto, salvo si se desprende de su presentación.
- La lista de ingredientes por orden decreciente de importancia ponderal en el momento de su incorporación. Esta lista irá precedida de la palabra ingredientes o ingredients.

Los ingredientes de esta lista se expresarán por su denominación INCI, tal como figura en el inventario de ingredientes cosméticos adoptado por decisión de la Comisión Europea y, en su ausencia, de acuerdo con las reglas de nomenclatura internacionales que permitan su identificación. No obstante, cuando la grafía o

la consonancia de un término de la nomenclatura común se aparte sensiblemente de un término inteligible por los consumidores, la Dirección General de Farmacia y Productos Sanitarios podrá determinar la redacción conveniente.

- Los responsables de los productos cosméticos que se presenten sin envase previo o que se envasen en el lugar de venta a petición del comprador o que se envasen previamente para su venta inmediata, dispondrán de etiquetas o prospectos.
- El responsable de la puesta del producto en el mercado podrá consignar en el etiquetado un teléfono de atención al consumidor y/o una dirección de correo electrónico, una página web o cualquier otro dato de la empresa donde los consumidores puedan dirigirse para obtener la citada información.

10. DISEÑO DE EXPERIMENTOS. DESARROLLO DE LA FÓRMULA

Definición de DISEÑO DE EXPERIMENTOS O DISEÑO ESTADÍSTICOS DE EXPERIMENTOS:

“El diseño de experimentos es una aproximación científica que permite al experimentador hacer cambios intencionados a las entradas de un proceso o sistema para identificar y observar las razones para los cambios que ocurren en la respuesta”. (Box, Hunter y Hunter, 1978).

El objetivo de un experimento es estudiar el efecto que sobre una variable de interés, que llamaremos variable respuesta, tienen un conjunto de otras variables que llamaremos variables experimentales o factores.

Supondremos que la variable respuesta es continua y que los factores se fijan durante el experimento a ciertos niveles determinados. El experimento consiste en seleccionar ciertas unidades experimentales, fijar valores de los factores a distintos niveles y observar el valor de la variable respuesta en cada unidad experimental. El número total de datos es el tamaño del experimento.

En cualquier experimento en que se investiga el efecto de un factor existen a priori un gran número de variables que pueden influir sobre los resultados. Conceptualmente existen tres caminos para eliminar el efecto de una variable:

- Mantenerla fija durante la realización del experimento.
- Reorganizar la estructura del experimento de manera que las comparaciones de interés se efectúen para valores fijos de esta variable, lo que supone eliminar estadísticamente su efecto.
- Evitar su influencia aleatorizando su aparición en los tratamientos.

Los objetivos del experimento son:

- Determinar qué variables tienen mayor influencia en la variable respuesta (y).
- Determinar el mejor valor de las variables controladas (x) que influyen en (y), de modo que (y) tenga casi siempre un valor cercano al valor nominal deseado.
- Determinar el mejor valor de las (x) que influyen en (y), de modo que la variabilidad de (y) sea pequeña.
- Determinar el mejor valor de las (x) que influyen en (y), de modo que se minimicen los efectos de las variables incontrolables.

Los métodos de diseño experimental tienen un cometido importante en el desarrollo de procesos y en la depuración de procesos para mejorar el rendimiento. El objetivo puede ser desarrollar un proceso consistente o robusto, es decir, afectado mínimamente por fuentes de variabilidad externas (z).

El diseño experimental es un medio de importancia crítica en el medio de la ingeniería para mejorar el rendimiento de un proceso de manufactura. También se plantea

extensamente en el desarrollo de nuevos procesos, y como en este caso, para el desarrollo de nuevos productos, o proyectos.

La aplicación de técnicas de diseño experimental en una fase temprana del desarrollo de un proceso puede dar por resultado:

- Mejora del rendimiento del proceso.
- Menor variabilidad y mayor proximidad a los objetivos.
- Menor tiempo de desarrollo.
- Menores costes globales.

Los métodos de diseño experimental también tienen un cometido importante en las actividades de diseño técnico (o de ingeniería) en las que se desarrollan nuevos productos y se mejoran otros ya existentes. Algunas aplicaciones son:

- Evaluación y comparación de configuraciones de diseño básicas.
- Evaluación de materiales alternativos.
- Selección de parámetros de diseño de modo que el producto funcione bien en una amplia variedad de condiciones de campo.

El uso del diseño experimental en estas áreas puede dar por resultado productos con mayor confiabilidad y mejor funcionamiento en el campo, menores costes, y menor tiempo de desarrollo del producto.

10.1. ETAPAS DEL DISEÑO ESTADÍSTICO DE EXPERIMENTOS (DEE)

Las situaciones en las que se puede aplicar el DEE son muy numerosas. De forma general, se aplica a sistemas como el mostrado en la ilustración 7, en los cuales se observan una o más variables experimentales dependientes o respuestas (y) cuyo valor depende de los valores de una o más variables independientes (x) controlables llamadas factores.

Las respuestas además pueden estar influidas por otras variables que no son controladas por el experimentador. La relación entre (x) e (y) no tiene por qué ser conocida.

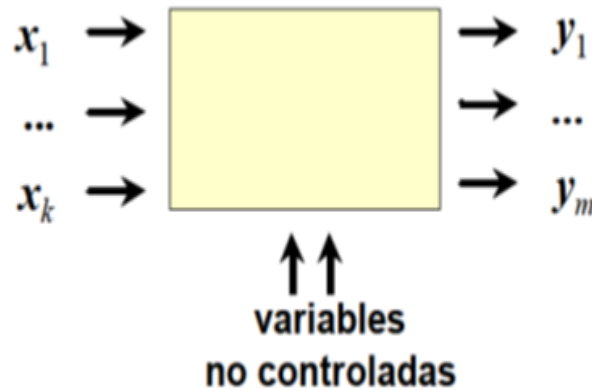


Ilustración 7. Representación de un sistema de estudio en DEE: factores (x), respuestas (y).

Todo diseño de experimentos tiene una serie de etapas que se deben cumplir para su correcta aplicación y consecución de resultados. Para ello, se siguen una serie de etapas, que se enumeran y explican a continuación.

- i. Compresión y planteamiento del problema. Es necesario desarrollar todas las ideas sobre los objetivos del experimento. Un planteamiento claro del problema contribuye a menudo en forma sustancial a un mejor conocimiento del fenómeno. A continuación se debe definir (seleccionar) qué respuesta experimental (o características de interés o de calidad de un producto) se va a observar. Según el objetivo perseguido, puede ser necesario observar más de una respuesta y encontrar un compromiso entre ellas.
- ii. Elección de factores y niveles. El experimentador debe elegir los factores que variarán en el experimento, los intervalos de dicha variación y los niveles específicos a los que se hará el experimento. También debe considerarse la forma en que se controlarán estos factores para mantenerlos en los niveles deseados, y cómo se les medirá. Para ello es necesario conocer el proceso. Tal conocimiento suele ser una combinación de experiencia práctica y comprensión teórica. Es importante investigar todos los factores que pueden ser de interés, y no depender demasiado de la experiencia pasada, en particular durante las primeras etapas de la experimentación o cuando el proceso no está muy avanzado.

La Ilustración 8 muestra tres factores continuos, A, B y C. Si sólo se estudiará el factor A, la Ilustración 4a indica distintos experimentos que se pueden realizar con diferentes valores de A, a unos valores fijados de B y C. Si además se estudiará el factor B, éste puede tomar distintos valores para cada valor de A, con lo cual el dominio posible es más amplio (Ilustración 4b). El dominio experimental se va ampliando a medida que se añaden más factores (Ilustración 4c).

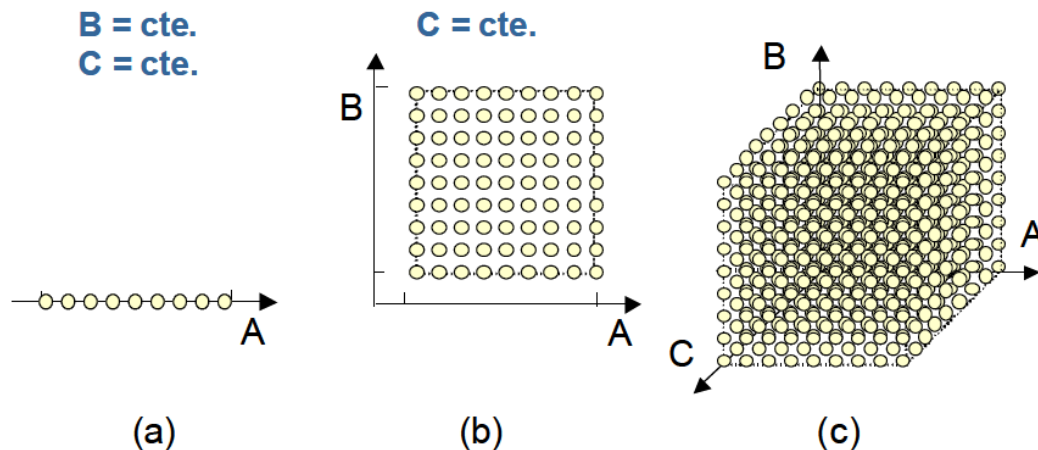


Ilustración 8. Dominio experimental como combinación de los dominios de cada factor.

No siempre cualquier combinación de valores de factores es posible o deseable. Pueden existir restricciones experimentales, técnicas o económicas por la cuales el dominio experimental inicial se reduce a un *dominio experimental de interés*.

Por ejemplo, tras excluir aquellos experimentos que no interesan por su peligrosidad, su elevado coste o porque supone una combinación de los factores que no se adapta a las especificaciones del producto.

Hay que notar que la elección de los factores y de su dominio experimental no suele ser fácil. Es el experimentador quien decide donde es interesante estudiar dichos factores. Esta decisión requiere un conocimiento previo del sistema, obtenido de referencias bibliográficas, experiencia previa en el laboratorio, etc.

- iii. Selección de la variable respuesta. Al seleccionar la respuesta o variable dependiente, el experimentador debe estar seguro de que la respuesta que se va a medir verdaderamente provea información útil acerca del proceso de estudio. Con frecuencia, la variable respuesta será el promedio o la desviación estándar (o ambas) de la característica medida. No son raras las respuestas múltiples. La capacidad de medición (o el error de medición) también es un factor importante. Si la capacidad de medición es deficiente, sólo puede esperarse que

el experimentador detecte efectos relativamente grandes de los factores; en caso contrario, deben hacerse repeticiones.

iv. Elección del diseño experimental. Es necesario considerar el tamaño de la muestra y seleccionar un orden adecuado para los ensayos. La experimentación se realizará en etapas secuenciales. Es importante tener presente los objetivos experimentales al elegir el diseño. En cada etapa, las series de experimentos se agrupan en diseños denominados matrices de experimentos. La selección de una matriz u otra depende del objetivo de cada etapa, y de otras características como:

- Naturaleza del problema, información ya conocida del problema y tipo de información que se desea obtener según el objetivo planteado.
- Número de factores e interacciones que se deben estudiar.
- Complejidad de utilizar cada diseño.
- Validez estadística y efectividad de cada diseño.
- Facilidad de comprensión e implementación.
- Restricciones operativas, de coste y tiempo.

Para que el diseño de experimentos sea factible, tanto económicamente como experimentalmente, el diseñador deberá tomar una serie de decisiones para tal efecto:

Cribado. Consiste en seleccionar una serie de factores para realizar el experimento. Esta selección de factores se basará en la influencia que tengan en la respuesta considerando su significancia estadística. Para determinar dicha influencia, se puede realizar una investigación exploratoria con un diseño experimental sencillo, que permita determinar lo más rápidamente posible (es decir, utilizando el menor número de experimentos) qué factores tienen más influencia en la respuesta y deben ser estudiados en detalle (los factores claves).

Estudio de los factores. Una vez se han seleccionado los factores más importantes, el siguiente paso suele ser estudiar cuantitativamente su efecto sobre la respuesta y sus interacciones. Para este propósito se pueden utilizar los diseños factoriales completos a dos niveles 2^k y los factoriales fraccionados 2^{k-r} entre otros. Éstos últimos contemplan un número menor de experimentos que los factoriales completos a costa de no obtener ciertas informaciones que a priori se consideran irrelevantes.

Optimización. Consiste en conocer qué valores de los factores proporcionan respuestas con la calidad deseada. Estos se pueden conocer calculando un modelo matemático (denominado superficie de respuesta) que relaciona los factores más relevantes con las respuestas.

- v. Realización del experimento. Es vital vigilar el proceso cuidadosamente para asegurar que todo se haga conforme a lo planeado. En esta fase, los errores en el procedimiento suelen anular la validez experimental.

El diseño experimental escogido suele estar descrito mediante variables codificadas. Estas se particularizan para los factores en estudio, se comprueba si los experimentos son posibles y, si es así, se realiza la experimentación en orden aleatorio respecto al orden en el cual están listados. La ejecución en orden aleatorio es necesaria para asegurar que los factores no contemplados introduzcan confusión y sesgo en los resultados.

- vi. Análisis de datos. Deben emplearse métodos estadísticos para analizar los datos, de modo que los resultados y conclusiones sean objetivos más que operativos. Los métodos estadísticos sólo proporcionan directrices para la veracidad y validez de los resultados. Aplicados adecuadamente, no permiten probar algo experimentalmente sino sólo hacen posible obtener el probable error de una conclusión o asignar un nivel de confiabilidad a los resultados. La principal ventaja es que agregan objetividad al proceso de toma de decisiones.
- vii. Conclusiones. Una vez que se han analizado los datos, se calculan los efectos de las variables estudiadas y sus interacciones sobre la variable respuesta. El experimentador debe extraer conclusiones prácticas de los resultados y recomendar un curso de acción. En esta fase a menudo son útiles los métodos gráficos. También deben realizarse réplicas de seguimiento y pruebas de confirmación para validar las conclusiones del experimento.

Es importante notar que la realización de estas etapas es cíclica. La información obtenida al realizar una serie de experimentos se debe integrar para planificar la experimentación posterior. Quizás entonces se comprende mejor el problema y se pueden redefinir o concretar más los objetivos, se pueden descartar factores que se ha visto que no eran importantes, o modificar su dominio experimental, con ello se planea una nueva experimentación, y así sucesivamente. Por este motivo, se prefiere normalmente efectuar los experimentos en pequeñas series.

10.2. DISEÑO ESTADÍSTICO DE EXPERIMENTOS 2²

Antes de comenzar el diseño de experimento, es importante seleccionar las variables de entrada que más afecten a la respuesta que se quiere estudiar, es decir realizar un *cribado*.

En el desarrollo de una cera fría depilatoria, durante su fase de concepción, hay muchas variables que pueden influir en el rendimiento (*performance*) de la cera (temperatura, tiempo, composición, etc); pero es importante notar, que dos de ellas destacan sobre las demás, y es donde se centra el esfuerzo del área en el que participo en la empresa (R&D). Las variables estudiadas (x), serán el porcentaje de adhesivo que posee la fórmula y el gramaje de cera que contienen las bandas depilatorias.

Con la elección de estas variables (x), se pretende conocer una serie de variables respuestas (y), que satisfagan el rendimiento (*performance*) de la cera. Las variables respuestas (y) que se pretenden estudiar son:

- Peel-Force: se entiende por ello la fuerza necesaria en newton, que se necesita aplicar para abrir una banda de cera fría.
Para su confirmación, una vez se desarrolla la cera, esa fuerza de apertura se analiza mediante una maquina universal de ensayo.
- Esparcimiento: se entiende por esparcimiento, la superficie de cera que se expande desde su área inicial de dosificado sobre la superficie libre del non-women. Es un factor muy importante, y a tener en cuenta, pues no es estético que una banda de cera esté esparcida, ya que esto provocaría rechazo en el cliente.
- Single Product Evaluation (uso y efectividad): el Single Product Evaluation (SPE) consiste en la evaluación de los productos cosméticos por parte del personal de la empresa, para darle a los productos una nota numérica. Este SPE, se divide en apariencia, uso y efectividad. En el DEE, se evaluarán el uso y la efectividad, por ser estas las características con mayor peso porcentual en el SPE, y las únicas que son afectadas por la formulación de la cera en cuestión, ya que la apariencia depende del dosificado en máquina, y este dosificado es igual para todas las fórmulas de la empresa.

Para el diseño de experimento, se van a elegir dos niveles de estudios a cada variable, un valor alto, y otro valor bajo. Por tanto, el diseño de experimentos se realizará con dos variables y a dos niveles (2²).

El diseño factorial 2² describe los experimentos más adecuados para conocer simultáneamente qué efecto tienen dos factores sobre una respuesta y descubrir si interaccionan entre ellos. Estos experimentos están planeados de forma que se varían

simultáneamente varios factores pero se evita que se cambien siempre en la misma dirección. Al no haber factores correlacionados se evitan experimentos redundantes.

Además, los experimentos se complementan de tal modo que la información buscada se obtiene combinando las respuestas de todos ellos. Esto permite obtener la información con el mínimo número de experimentos (y por tanto, con el menor coste) y con la menor incertidumbre posible (porque los errores aleatorios de las respuestas se promedian).

10.3. MATRIZ DE EXPERIMENTOS

Para el desarrollo de este diseño factorial de experimentos, se hace uso de la experimentación previa en el laboratorio, para conocer la influencia que ciertas variables tienen sobre las respuestas que queremos estudiar.

Como se mencionó anteriormente, el DEE será 2^2 . Las variables se codifican, de tal manera, que al nivel bajo se le asigna el valor -1, mientras que al nivel alto +1.

Las tablas 8 y 9, muestran las matrices de experimentos, tanto de las variables reales, como de las codificadas.

Número de experimentos	% Resina	Gramaje (g)
1	76	3,3
2	76	1,8
3	74	1,8
4	74	3,3

Tabla 8. Matriz de las variables reales.

Número de experimentos	% Resina	Gramaje (g)
1	+	+
2	+	-
3	-	-
4	-	+

Tabla 9. Matriz de las variables codificadas.

En el laboratorio, el orden en el que debemos realizar los experimentos propuestos arriba es al azar, y no en el orden que le hemos dado en la tabla, con el fin de evitar errores de tipo sistemático. Además, cada experimento conviene hacerlo por duplicado.

Se debe tener en cuenta, que el objetivo de este diseño estadístico de experimentos, es realizar el menor número de experimentos, al menor coste, obteniéndose resultados valiosos. Mencionar, que en esta etapa de elaboración de la matriz de experimentos, se debe contemplar si todos los experimentos son factibles, y cumplen con los objetivos antes mencionados.

10.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para realizar el diseño y los cálculos pertinentes, se va a utilizar como método de cálculo el *Algoritmo de Yates* (Véase el Anexo I de "**Anexo de la Experimentación**").

Se pretende conseguir los “efectos” (influencia de cada factor) que cada variable de entrada tiene sobre las respuestas antes descritas, y los polinomios que relacionan tales variables.

Los efectos pueden ser simples o de interacción. Se entiende por efecto simple, el efecto causado por una variable sobre la respuesta, mientras que un efecto de interacción, es el efecto de dos o más variables combinadas sobre la respuesta estudiada.

- Cálculo de los efectos.

El efecto refleja la modificación que experimenta la respuesta al pasar del nivel bajo del factor al nivel alto. Cualquier efecto se calcula como la diferencia entre dos medidas, una de ellas corresponde a los signos positivos, y la otra corresponde a los signos negativos.

Así la ecuación general nos quedaría de la siguiente forma:

$$Efecto = \frac{signos +}{2} - \frac{signos -}{2}$$

Mientras que la media, se calcula así:

$$Media = \frac{\sum signos \pm}{4}$$

Y nos da información del valor donde están distribuidas las respuestas.

- Análisis.

Se utiliza la desviación típica y el intervalo de confianza para determinar si un efecto influye o no sobre la variable respuesta:

1. Los efectos tienen que ser mayor que el intervalo de confianza para la desviación típica, para ser considerados.
2. Si un efecto de interacción tiene un valor importante, no se contemplan los efectos individuales contenidos en este.

Por último, una vez que calculados los efectos, se calcula el polinomio característico:

$$Respuesta = Media + 0,5 \cdot [(EfX1) \cdot X1 + (EfX2) \cdot X2 + (EfX1X2) \cdot X1 \cdot X2]$$

10.5. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES SOBRE LAS RESPUESTAS ESTUDIADAS

En el desarrollo de una cera fría depilatoria, se analizan multitud de parámetros con la finalidad de obtener un producto de alta calidad. Cuando se desarrolla una cera, sea del tipo que sea, los laboratorios de Investigación y Desarrollo de las grandes empresas realizan un diseño estadístico de experimentos (DEE), con la intención de obtener la influencia, que unas variables independientes del desarrollo de la cera, presentan sobre una serie de respuestas de interés sobre el producto acabado.

Como se menciona anteriormente, para el desarrollo de una cera fría influyen infinidad de variables, que hacen de este proceso, un proceso complejo y decisivo.

Las variables que se plantean para tal DEE son tan diversas como pueden ser el porcentaje de adhesivo que presentan las ceras en su composición química, el gramaje de cera que tiene cada banda depilatoria, el tipo de non-woven que utilizan, el tiempo que llevan fabricadas, etc.

Todas esas variables se pueden tener en cuenta para el diseño de experimentos, pero cabe destacar, que lo que hace diferente una cera depilatoria de otra es en mayor medida la cantidad de adhesivo que estas contienen en su fórmula, y los gramos de cera que se depositan en el soporte. Esto se debe a que los principales factores que se evalúan en las ceras frías son:

- La facilidad de apertura de la banda (Peel Force). Es un factor importante, pues una apertura de banda sin calentamiento previo con las manos, así como un bajo esfuerzo por parte del usuario, provocan una sensación de satisfacción y predisposición por el producto que se pretende comercializar.
- El esparcimiento (spreading en inglés, SPE) de la cera sobre la banda. Este es un factor importante, porque una cera esparcida fuera del área donde se dosifica la cera, provoca una sensación de rechazo, ya no solo por parte de los clientes, sino también por los propios profesionales que participan en la fabricación de las bandas depilatorias.
- El Single Product Evaluation (SPE). Esto no deja de ser una puntuación que se le da al producto acabado por el personal especializado de la empresa. En esta evaluación, se distinguen tres grupos principales, que tienen diferente peso sobre tal evaluación del producto. La evaluación consiste en una puntuación del uno al diez, en el que diez es excelente, y uno es pésimo. Estos tres grupos que se analizan son:
 - Apariencia. Tiene un peso sobre la evaluación del producto del quince por ciento. En ella se estudia el aspecto de la banda de cera, como son burbujas y manchas en la cera debido a una mala dosificación en

producción, el nivel de deformación que pueda presentar la banda, la rigidez, que este esparcida la cera, que la banda sea impermeable de forma que la cera no traspase el non-woven, etc. Estos parámetros son importantes, pues influyen directamente en la impresión inicial que se puede percibir sobre el producto. Sin embargo, este aspecto no se considerará en el DEE, pues la apariencia depende en mayor medida del dosificado de la cera en máquina y del non woven que se use en cuestión, y no de la fórmula desarrollada. Por tanto, si lo incluyéramos no encontraríamos diferencias entre los distintos puntos del DEE, ya que el non-woven y el dosificado es igual para todos los puntos.

- Uso. En él se evalúan cuatro factores que son la resistencia que se presenta a la separación de forma cualitativa por parte del usuario, la distribución uniforme de la cera sobre cada parte del non-woven, que la cera presente bordes diferenciados, de forma que no se difuminen sobre el non-woven, y el “crack” en la apertura de la banda. Este “crack” se define como la rotura de la cera cuando se abre la banda, debido a un secado prematuro de la banda.
- Efectividad. Este es el apartado más importante. Se evalúan factores tan importantes y decisivos como son, el “tack”, que es la facilidad de adhesión de la cera sobre la piel, la efectividad sobre la retirada de vello, el número de usos que una misma banda de cera puede aportar y los restos de cera que se pueden quedar en la piel durante la aplicación del producto.

Debido a la exclusión de la apariencia del SPE, el DEE se realizará a las variables individuales del SPE: USO y EFECTIVIDAD.

Por ello, el diseño estadístico de experimento que se va a diseñar va a tener como variables de entrada el porcentaje de adhesivo que presenta la fórmula y el gramaje que cada banda tiene de cera. Por tanto es un diseño 2^2 , en el que se van a estudiar las repuestas descritas anteriormente.

10.5.1. PEEL FORCE

El Peel Force (PF), es una característica muy importante en el desarrollo de una cera fría para su dosificación en bandas. Como ya se menciona en apartados anteriores, uno de los objetivos del desarrollo es conseguir una banda de apertura más suave, esto es, que presente mayor facilidad en su apertura.

Por tanto, se define el PF como la fuerza que se necesita ejercer para abrir una banda depilatoria a una temperatura determinada, y a una velocidad también determinada de apertura (900 mm/min).

Es un factor cuantitativo, y para su medición se utiliza un ensayo de tracción con un dispositivo denominado “máquina universal de ensayo”, que simula la apertura de la banda por parte del usuario, obteniéndose un valor en newtons de la fuerza que ha sido necesaria aplicar.

En el Anexo III de **“Anexo de la Experimentación”** de esta memoria se encuentra el funcionamiento y modo de operar de la maquina universal de ensayo y su software.

La temperatura es un factor que influye durante el desarrollo de la prueba, pues esta influye sobre la resistencia que presenta la banda a su separación, ya que a mayores temperaturas, la cera se vuelve más “líquida”. Este fenómeno se produce principalmente porque el adhesivo es el componente mayoritario de la formulación, y este está muy influenciado por la temperatura, de forma que a temperaturas más altas, pierde poder de adhesión.

El ensayo se puede realizar a temperatura ambiente, 25 °C, o a la temperatura de aplicación de las bandas de ceras convencionales, 30 °C; observándose una diferencia significativa en cuanto al Peel Force obtenido.

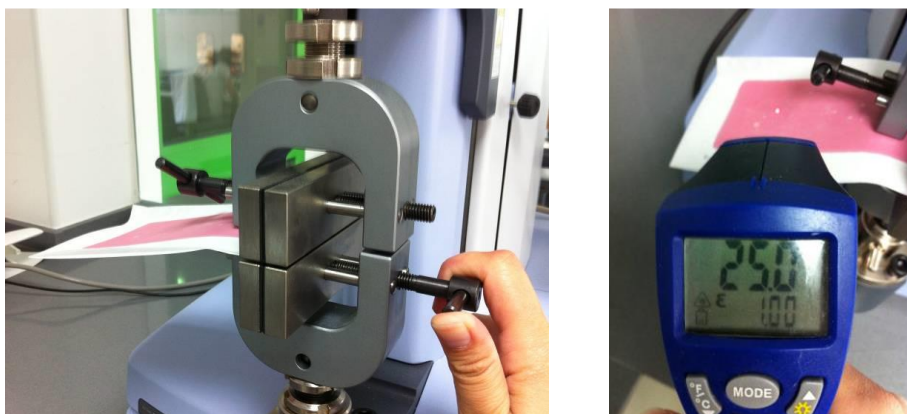


Ilustración 9. Peel Force de las muestras.

El diseño de experimentos se realiza a 25 °C, pues una de las mejoras que se pretenden introducir en el desarrollo de esta cera, es formular una cera de fácil apertura, sin necesidad de calentar la banda, lo que producirá en el cliente una mayor satisfacción.

Desde el punto de vista comercial, es un dato importante, pues esta mejora supone un reclamo importante (*claim*), llamando así la atención del consumidor.

El intervalo en estudio, como ya se mencionó en apartados anteriores, para el cual se realiza el DEE, tanto para el Peel Force, como para todas las respuestas estudiadas es el recogido en la siguiente tabla:

Codificación	Adhesivo (%)	Gramaje (g)
-1	74,0	1,8
0	75,0	2,6
1	76,0	3,3

Tabla 10. Intervalo de estudio para el DEE.

Se realizan cuatro experimentos, para determinar la influencia tanto del porcentaje en resina, como del gramaje sobre la respuesta Peel Force.

EXPERIMENTO	Adhesivo (%)	Gramaje(g)	PF (N)
1	1	1	23,0
2	1	-1	23,7
3	-1	-1	11,1
4	-1	1	9,6

Tabla 11. Experimentos Realizados para el DEE.

Una vez realizado los ensayos o experimentos, en la tabla 12 se recoge los cálculos del Algoritmo de Yates:

EXPERIMENTOS	% ADHESIVO	GRAMAJE	PEEL FORCE (N)	(1)	(2)	Divisor	Estimación	Identificador
1	+	+	23,0	46,7	67,4	4,0	16,9	Media
2	+	-	23,7	20,7	-0,8	2,0	-0,4	% Adh-Gram
3	-	-	11,1	0,7	-26,0	2,0	-13,0	% Adhesivo
4	-	+	9,6	-1,5	-2,2	2,0	-1,1	% Gram

Tabla 12. Algoritmo de Yates para el DEE del PF.

Una vez realizado el Algoritmo de Yates, se obtienen los efectos y el promedio de la respuesta para las variables estudiadas, y que vienen recogidos e identificados en las dos últimas columnas de la tabla 12.

Para facilitar un visionado más rápido y fácil, se recogen a continuación los resultados obtenidos en el algoritmo desarrollado anteriormente.

- Tratamiento de datos.

A continuación se recogen las influencias de las variables estudiadas sobre el Peel Force, así como los cálculos para determinar si estas son significantes o no.

Se calcula la desviación típica, a partir de la experimentación sobre un determinado punto repetidas veces, y a esta desviación mediante la “t de Student” se calcula un intervalo de confianza, el cual sirve para compararlo con las influencias calculadas, y determinar si tienen un efecto significativo o no sobre el Peel Force.

Determinación de las influencias

Experimento	I (Adhesivo)	I (Gramaje)	I (Adh-Gram)
1	23,0	23,0	23,0
2	23,7	-23,7	-23,7
3	-11,1	-11,1	11,1
4	-9,6	9,6	-9,6
Valor Influencia	13,0	-1,1	0,4

Tratamiento de los resultados

Media Dis. Puro	16,9
S	1,0
I.C, 95%	1,5
Media + IC	18,3
Media – IC	15,4

Tabla 13. Resumen influencias del PF y tratamientos de los resultados.

Nota: 2,92 es el valor de la "t de Student" para dos grados de libertad y el 95% de probabilidad.

Como se recoge en la tabla 13, los efectos calculados, se observa que el porcentaje en adhesivo, así como el efecto combinado adhesivo-gramaje, tienen un efecto positivo sobre el Peel Force, entendiéndose como positivo que al aumentar del valor bajo al valor alto de estas variables, se produce un aumento en el valor del Peel Force.

Por otro lado, el efecto que el gramaje produce sobre el Peel Force es negativo, y este disminuye al aumentar el gramaje de cera sobre el non-woven, al contrario de lo que se pudiera pensar en un principio, ya que se pensaba que a mayor cantidad de cera sobre el non-woven, mayor sería la resistencia que la banda presentaría a su separación, y por tanto mayor valor de Peel Force se obtendría.

El efecto a considerar sobre la respuesta Peel Force, es el porcentaje en adhesivo, pues el valor de su efecto es significativamente mayor en valor absoluto que el intervalo de confianza obtenido, mientras que los otros dos efectos no lo son.

Por tanto, teniendo en cuenta este efecto y que valores excesivamente bajos de Peel Force, inferiores a 5 Newton, presentan problemas de adhesividad como se verá en la caracterización del producto y su comparación con la MARCA LÍDER Y, se concluye que el 74 por ciento de adhesivo sería el punto óptimo y de compromiso, si solo se tuviera en cuenta esta respuesta.

Para una visualización de cómo afectan estas variables al Peel Force, se representa unos gráficos de interacción entre las variables estudiadas y la respuesta, en los que se observa tales efectos.

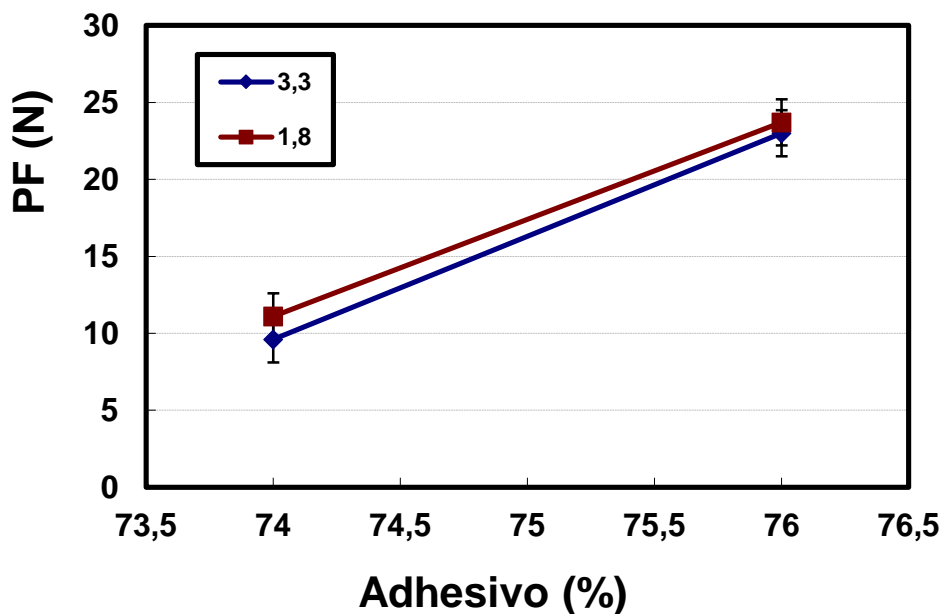


Ilustración 10. Gráfico interacción entre el porcentaje de adhesivo y el PF.

En la ilustración representada arriba, se observa, como ya se determinó en el cálculo matemático de los efectos, que al aumentar el porcentaje en adhesivo en la cera de un 74 por ciento a un 76 por ciento, el valor del Peel Force aumenta, significativamente, tanto para las bandas de cera dosificadas a 1,8 gramos de cera, como para las bandas de cera dosificadas a 3,2 gramos. Por tanto reduciendo el porcentaje de adhesivo a su valor bajo, esto es 74 por ciento, se consigue una mejoría importante en cuanto al Peel Force como respuesta estudiada, obteniéndose una reducción de 13 N en el PF según la influencia calculada para el adhesivo.

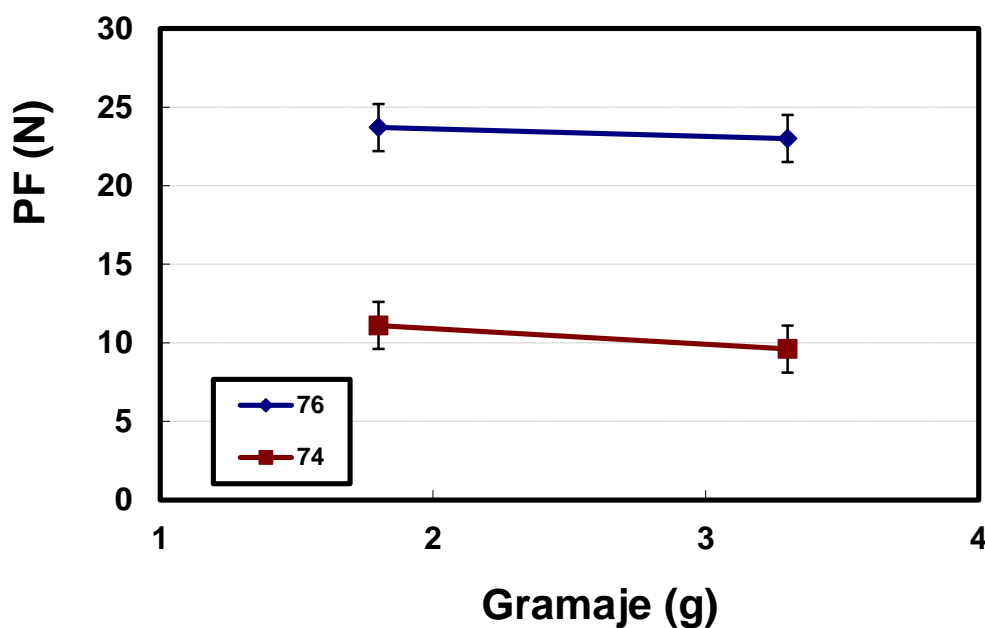


Ilustración 11. Gráfico interacción entre el gramaje y el PF.

Sin embargo, en la representación gráfica del gramaje, frente al Peel Force, ilustración 11, se observa que su impacto sobre este es prácticamente insignificante, como ya predijo el cálculo de sus efectos. Aunque si se observa que la tendencia es, que al aumentar el gramaje de cera en la banda, el Peel Force disminuye, en el intervalo de gramaje estudiado, puesto que no se tienen conocimientos de que ocurriría a mayores gramajes. Pero como no es significativo, no se tiene en cuenta tal efecto.

Por otro lado, se concluye de la interpretación de estos gráficos, apuntando que no hay efectos cruzados entre las variables estudiadas para esta respuesta (PF).

Estos gráficos de interacción son muy útiles, pues permiten observar cómo es la interacción de las variables sobre la respuesta, y entender si son o no significantes.

Calculados los efectos, así como la interpretación de los mismos, se determinará a continuación el polinomio característico, y se realizará una regresión para construir los gráficos de respuestas tanto en dos dimensiones como en tres.

Estos gráficos son útiles para observar los valores que se dan a partir de unas entradas en las variables estudiadas, y nos permitirá seleccionar con mayor facilidad el óptimo.

Así, como ya se mencionó en apartados anteriores, el polinomio característico se calcula a partir de la media de las respuestas y los efectos obtenidos:

$$\text{Respuesta} = \text{Media} + 0,5 \cdot [(EfX1) \cdot X1 + (EfX2) \cdot X2 + (EfX1X2) \cdot X1 \cdot X2]$$

$$\text{Peel Force} = 16,90 + 6,50 \cdot adh$$

Para generar los gráficos de respuestas, antes descritos, se realiza una regresión, en la cual para el caso del Peel Force la ecuación para obtener un buen ajuste es la siguiente:

$$PF = A + B \cdot x + E \cdot x^2$$

El motivo de añadir un factor cuadrático a la regresión es obtener un buen coeficiente de correlación ($R^2 = 0,9993$). Se añade al diseño dos puntos centrales, y que se recogen a continuación en la siguiente tabla (Experimentos 5 y 6):

Expto.	PF (N)	x	x ²
		Adhesivo	
1	23,0	76,0	5776,0
2	23,7	76,0	5776,0
3	11,1	74,0	5476,0
4	9,6	74,0	5476,0
5	29,9	76,0	5776,0
6	17,7	74,0	5476,0

Tabla 14. Tablas para regresión PF.

El objetivo de añadir dos experimentos más al diseño, es obtener ciertas curvaturas en los gráficos, que nos permitan entender y visualizar de forma más correcta lo que ocurre

al PF, cuando se modifican las variables, tanto en el porcentaje en adhesivo como en el gramaje de cera.

Con estos datos, y la ayuda del Excel, se obtiene tal regresión, y las curvas en dos y tres dimensiones, que facilitan entender la influencia que el porcentaje de adhesivo y el gramaje tienen sobre el Peel Force.

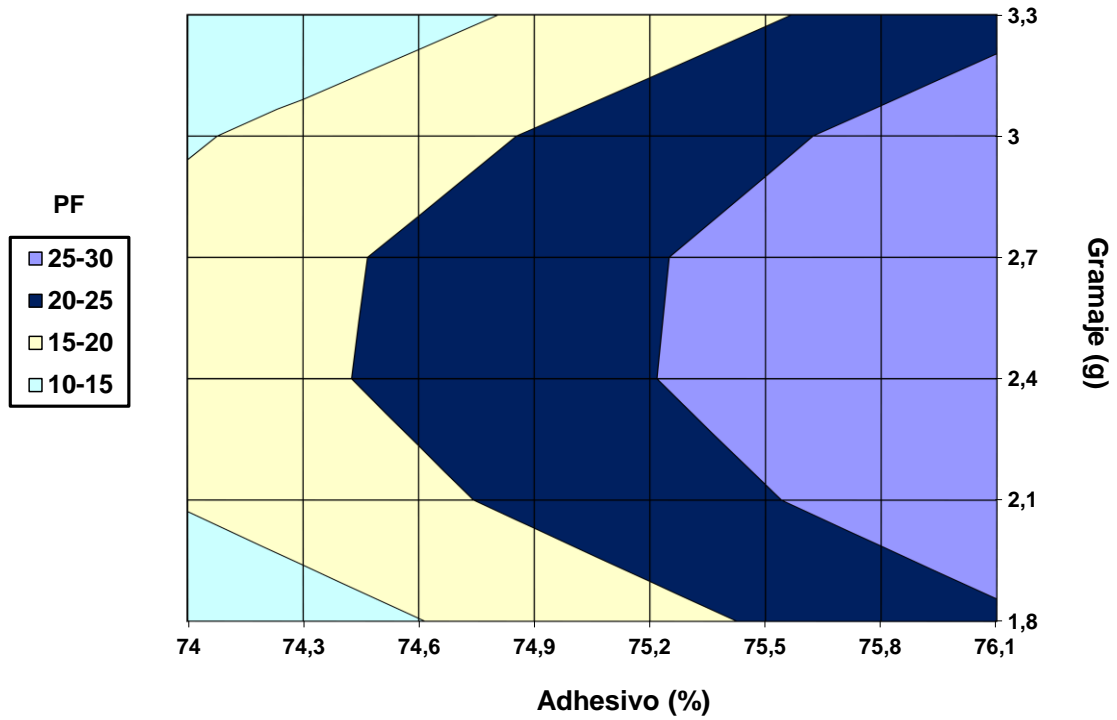


Ilustración 12. Gráfica 2D que muestra valores de PF en el rango estudiado.

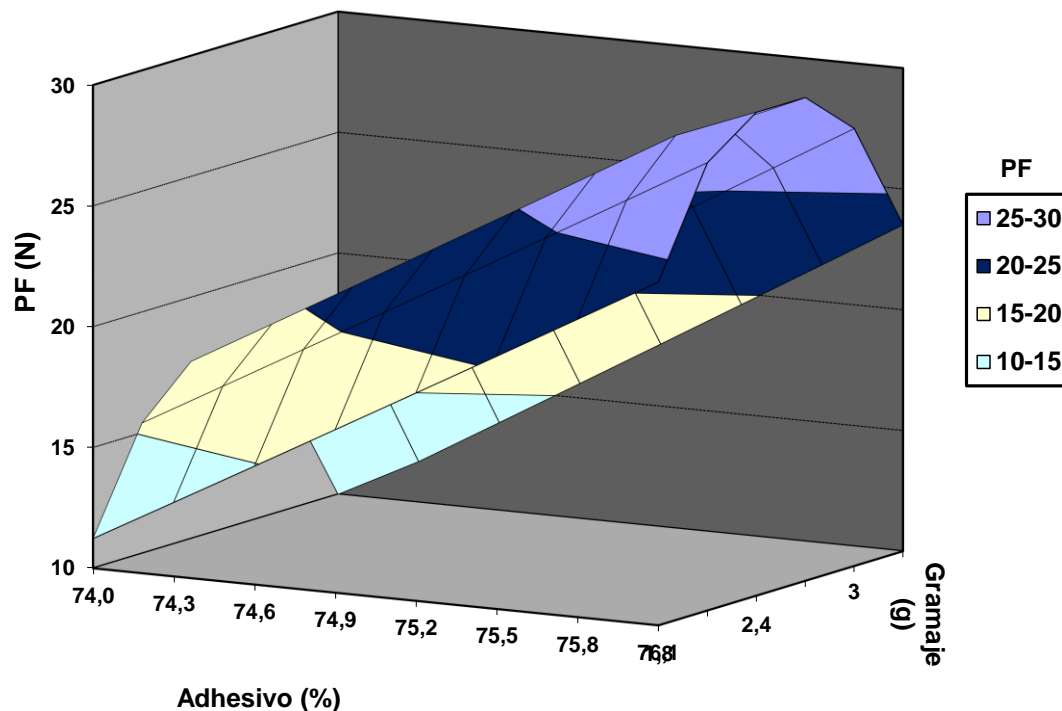


Ilustración 13. Gráfica en 3D que muestra valores de PF en el rango estudiado.

Estas dos representaciones gráficas, ilustración 12 y 13, ayudan a entender cómo evoluciona el Peel Force, cuando se producen cambio tanto en la concentración de adhesivo en la fórmula como en el gramaje de cera depositado sobre el non-woven.

La gráfica en dos dimensiones es más fácil de analizar y sacar conclusiones de la evolución de la respuesta en función de las variables estudiadas, que cuando la representación es en tres dimensiones. Sin embargo, se obtienen la misma información de ambas gráficas.

Si se observa el gráfico 2D, se concluye que al avanzar en el eje X, al aumentar el porcentaje de adhesivo, el Peel Force de la muestra aumenta, lo que es lógico, pues es el adhesivo el que otorga a la fórmula la característica de adhesión, y por tanto el que otorga mayor PF a las fórmulas, como se obtuvo con el cálculos de las influencias.

También destacar, que los valores de PF son mayores en la zona central del eje Y, esto significa que al gramaje intermedio estudiado, 2,6 gramos, el PF es mayor, que a los gramajes extremos del estudio. Esto puede ser debido a una relación interna entre el porcentaje de adhesivo y la cantidad de este que desconocemos.

Por tanto, concluyendo el DEE para el estudio del Peel Force, una bajada de la concentración del adhesivo en la fórmula, del 76 al 74 por ciento, produce una mejoría evidente e importante.

10.5.2. ESPARCIMIENTO

Cuando se analiza el esparcimiento de una banda de cera fría depilatoria en una empresa de cosmética, lo que se pretende medir es el área de cera que abandona su posición inicial de dosificado, produciendo una migración de la cera, y cubriendo así la parte libre del non-woven, dando al producto un aspecto sucio e impresentable.

Este factor es muy importante dentro del desarrollo de una cera fría, pues el aspecto y la impresión inicial del producto hacen que el cliente se decida o no por ella. También es importante para los consumidores, pues un consumidor no querrá bandas de ceras “manchadas”, ni con aspecto desagradable.

Para determinar el esparcimiento de una determinada fórmula de cera fría, se realiza un estudio acelerado del mismo, con la intención de obtener una respuesta en un espacio breve de tiempo, que nos permita extrapolar lo que sucede en el ensayo, con lo que sucederá en el periodo de vida de una cera fría a temperaturas ambientes.

Este estudio consiste en introducir las bandas de cera en un horno a 85 °C, durante un periodo de tiempo de quince minutos. El estudio se realiza por triplicado, con la finalidad de minimizar errores. Es objetivo de este estudio, el correlacionar lo que le ocurre a las bandas a 85 °C y un espacio breve de tiempo, esto es quince minutos, con lo que le ocurriría a las bandas de cera en un entorno habitual, temperaturas ambientes y largos periodos de tiempo.

Para entender mejor como se hace, se explica a continuación como sería la preparación de la banda.

Previamente se dibuja el contorno inicial de la cera sobre el non-woven y se introduce en el horno a 85 °C, durante quince minutos.

Cuando salen del horno las bandas, se dibuja el área final de cera esparcida.

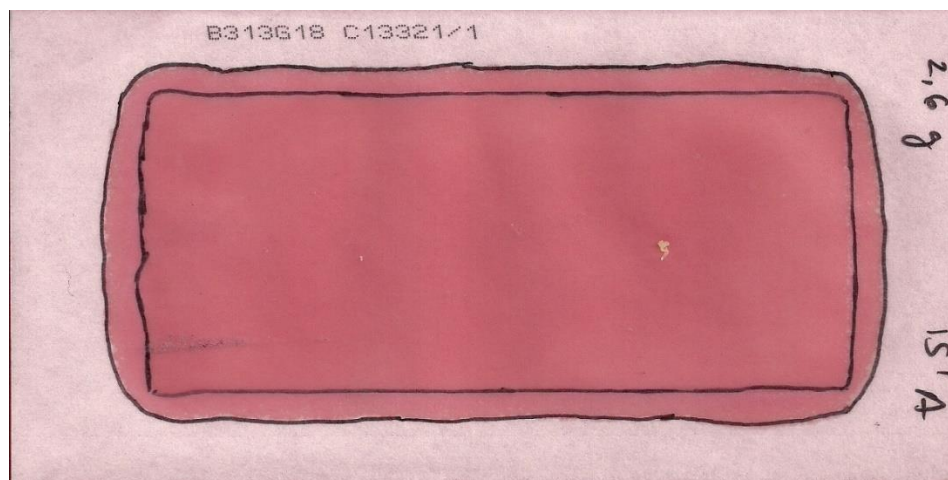


Ilustración 14. Fotografía de una banda sometida al test de esparcimiento.

Una vez hecho esto, se determina el porcentaje de esparcimiento, mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Esparcimiento} = \frac{\text{Área final} - \text{Área inicial}}{\text{Área inicial}} \cdot 100$$

Para realizar el cálculo y determinar el área inicial como el final de una determinada banda de cera fría sometida al test de esparcimiento, se usa el **ImageJ** como software.

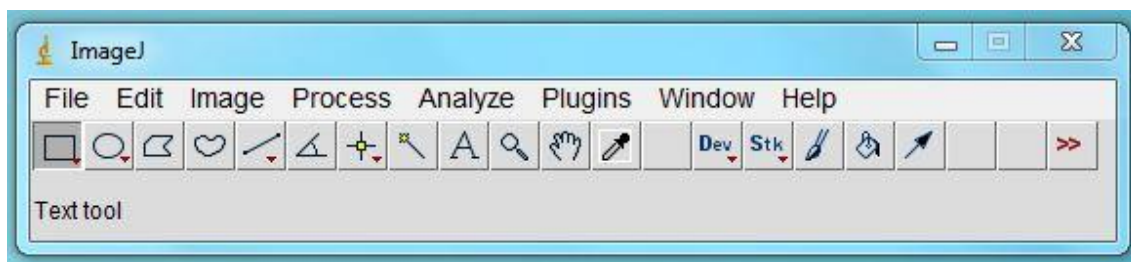


Ilustración 15. Imagen extraída del software ImageJ.

Es un programa sencillo que básicamente funciona mediante una correlación entre los píxeles que posee la imagen, por ejemplo el largo de la banda, y los milímetros que en realidad posee el largo de la banda y es introducida por el usuario (Véase Anexo II del "Anexo de la experimentación").

Para el DEE, se toma como intervalo de estudio, el mismo que para todas las respuestas que se pretenden estudiar, y al igual que el PF, es el siguiente:

Codificación	Adhesivo	Gramaje
-1	74,0	1,8
0	75,0	2,6
1	76,0	3,3

Tabla 15. Intervalo de estudio.

La matriz de experimentos formada para el SPD es la siguiente:

EXPERIMENTO	Adhesivo (%)	Gramaje (g)	SPD (%)
1	1	1	35,5
2	1	-1	13,2
3	-1	-1	21,5
4	-1	1	46,3

Tabla 16. Matriz del DEE para el SPD.

Realizado los experimentos, se realiza el tratamiento de datos.

La tabla 17 recoge el Algoritmo de Yates para calcular los efectos que producen sobre el esparcimiento (SPD), tanto el porcentaje en resina como el gramaje sobre el non-woven.

EXPERIMENTOS	% ADHESIVO	GRAMAJE	ESPARCIMIENTO (%)	(1)	(2)	Divisor	Estimación	Identificador
1	+	+	35,5	48,7	116,6	4,0	29,1	Media
2	+	-	13,2	67,9	2,5	2,0	1,2	% Adh-Gram
3	-	-	21,5	-22,4	19,2	2,0	9,6	% Adhesivo
4	-	+	46,3	24,8	47,2	2,0	23,6	% Gram

Tabla 17. Algoritmo de Yates para el SPD.

Las dos últimas columnas del Algoritmo de Yates se tienen los resultados de los efectos y el promedio con sus respectivas identificaciones.

A continuación se procede, como ya se hizo con el PF, a un análisis de resultados, en los que se recoge esta información, y se completa mediante gráficos intuitivos de los efectos que se producen.

- Tratamiento de datos.

A continuación se recogen las influencias o efectos de las variables estudiadas sobre el SPD, así como los cálculos para determinar si estas son importantes o no lo son.

Determinación de las influencias

Experimento	I (Adhesivo)	I (Gramaje)	I (Adh-Gram)
1	35,5	35,5	35,5
2	13,2	-13,2	-13,2
3	-21,5	-21,5	21,5
4	-46,3	46,3	-46,3
Valor Influencia	-9,6	23,6	-1,3

Tratamiento de los resultados

Media Dis. Puro	29,1
s	5,0
I.C, 95%	7,3
Media + IC	36,4
Media - IC	21,8

Tabla 18. Resumen de influencias y cálculos estadísticos.

Nota: 2,92 es el valor de la "t de Student" para dos grados de libertad y el 95% de probabilidad.

En el DEE del Peel Force, se realizó el análisis tanto a los cálculos como a los gráficos. Con el fin de hacerlo más ameno, y puesto que ambos análisis dan la misma información, se analizará y comentarán los gráficos para el resto de variables.

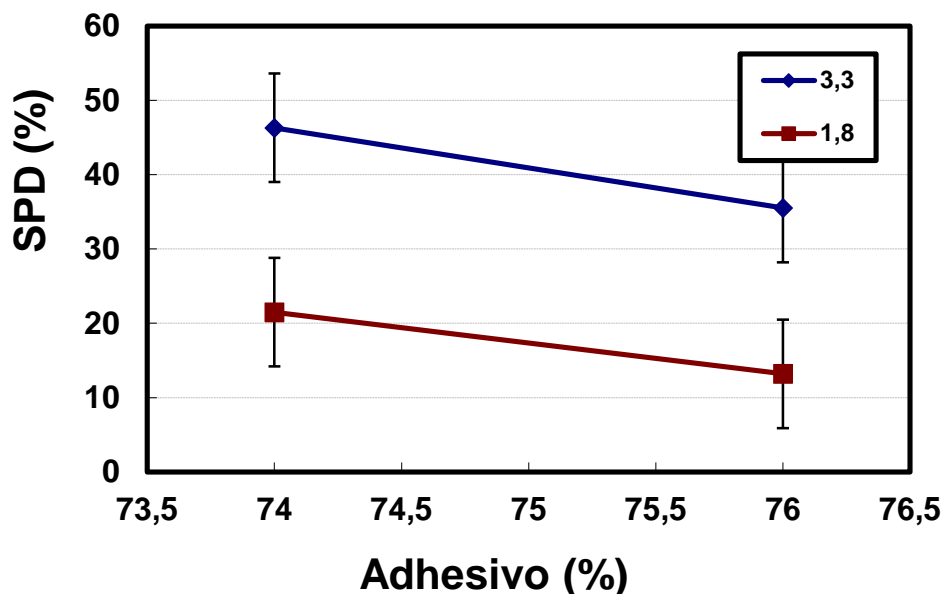


Ilustración 16. Gráfico interacción entre el porcentaje de adhesivo y el SPD.

Como se observa en la ilustración 16, así como en la determinación de la influencia del adhesivo, el aumento de concentración de adhesivo, produce una reducción de esparcimiento de la cera sobre la banda depilatoria. Este efecto se produce para los dos gramajes incluidos en el estudio, tanto para el dosificado de 3,3 gramos, como para el dosificado de 1,8 gramos, produciéndose un descenso aproximado de 9,6 puntos, según la influencia calculada para el adhesivo. Este efecto es significativo, pues es mayor que el intervalo de confianza calculado de la desviación típica.

Es lo que se cabe esperar, pues mientras mayor sea el porcentaje de adhesivo en la fórmula, mayor será la fuerza de adhesión de la cera sobre el non-woven, y por tanto menos se esparcirá la cera.

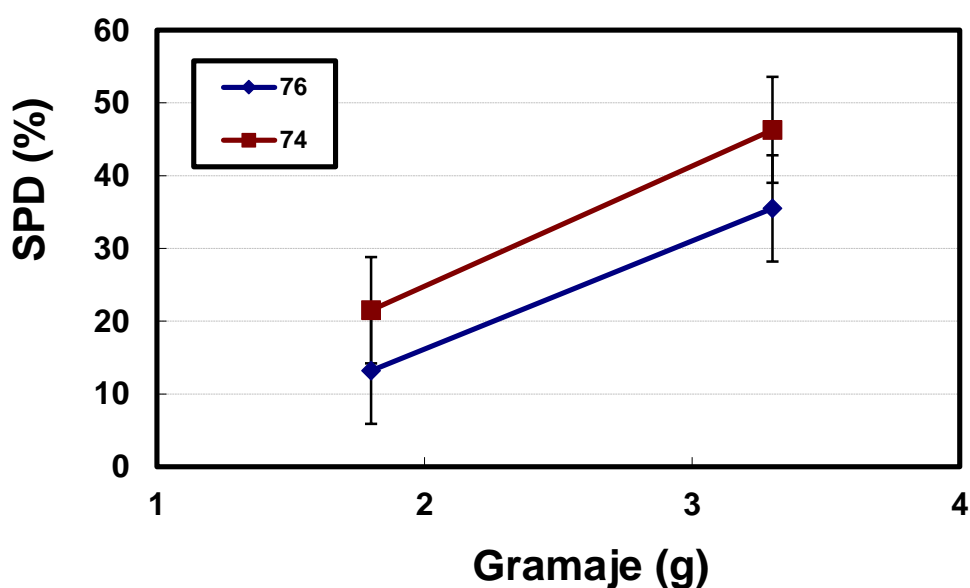


Ilustración 17. Gráfico interacción entre el gramaje y el SPD.

Mientras que en el gráfico de interacción entre el gramaje y el SPD, que muestra la ilustración 17, se observa que el aumento del gramaje durante la dosificación de las bandas, produce un aumento del esparcimiento, teniendo así un efecto negativo sobre la respuesta estudiada.

Como se observa en la gráfica y nos determina el cálculo de la influencia, un aumento del gramaje produce en la respuesta un aumento de 23,6 puntos. Por lo que el gramaje tiene un fuerte efecto sobre el SPD, al ser este muy superior al intervalo de confianza calculado.

Finalmente, de la interpretación de estos gráficos, se observa que no hay efectos cruzados entre las variables estudiadas para esta respuesta (SPD).

Calculados los efectos, así como la interpretación de los mismos, se determinará a continuación el polinomio característico, y se realizará una regresión para construir los gráficos de respuestas tanto en dos dimensiones como en tres. Estos gráficos son útiles para observar los valores que se dan a partir de unas entradas en las variables estudiadas, y nos permitirá seleccionar con mayor facilidad el óptimo.

Así, como ya se mencionó en apartados anteriores, el polinomio característico se calcula a partir de la media de las respuestas obtenidas y los efectos calculados:

$$\text{Respuesta} = \text{Media} + 0,5 \cdot [(EfX1) \cdot X1 + (EfX2) \cdot X2 + (EfX1X2) \cdot X1 \cdot X2]$$

$$\text{Peel Force} = 29,13 + 4,8 \cdot adh - 17,75 \cdot gram$$

Como se hizo anteriormente en el caso del PF, para generar los gráficos de respuestas, tanto en dos como en tres dimensiones, se realiza una regresión, en la cual para el caso del SPD, la ecuación para obtener un buen ajuste es la siguiente:

$$SPD = A + B \cdot x + C \cdot y + E \cdot x^2 + F \cdot y^2$$

Se añade a la regresión dos factores cuadráticos, con la intención de obtener un buen coeficiente de correlación ($R^2 = 0,9994$). Para obtener curvas más representativas, se añade al diseño dos puntos centrales, y que se recogen a continuación en la siguiente tabla (experimentos 5 y 6):

Exptos.	SPD (%)	x	Y	x ²	y ²
		Adhesivo	Gramaje		
1	35,5	76,0	3,3	5776,0	10,9
2	13,2	76,0	1,8	5776,0	3,2
3	21,5	74,0	1,8	5476,0	3,2
4	46,3	74,0	3,3	5476,0	10,9
5	20,7	76,0	2,6	5776,0	6,8
6	29,2	74,0	2,6	5476,0	6,8

Tabla 19. Tablas para regresión del SPD.

Con estos dos experimentos obtenemos ciertas curvaturas en los gráficos, que nos permitan entender y visualizar de forma más correcta lo que ocurre al SPD, cuando se modifican las variables, tanto porcentaje en adhesivo como gramaje de cera.

Con estos datos, y la ayuda del Excel, se obtiene tal regresión, y las curvas en dos y tres dimensiones.

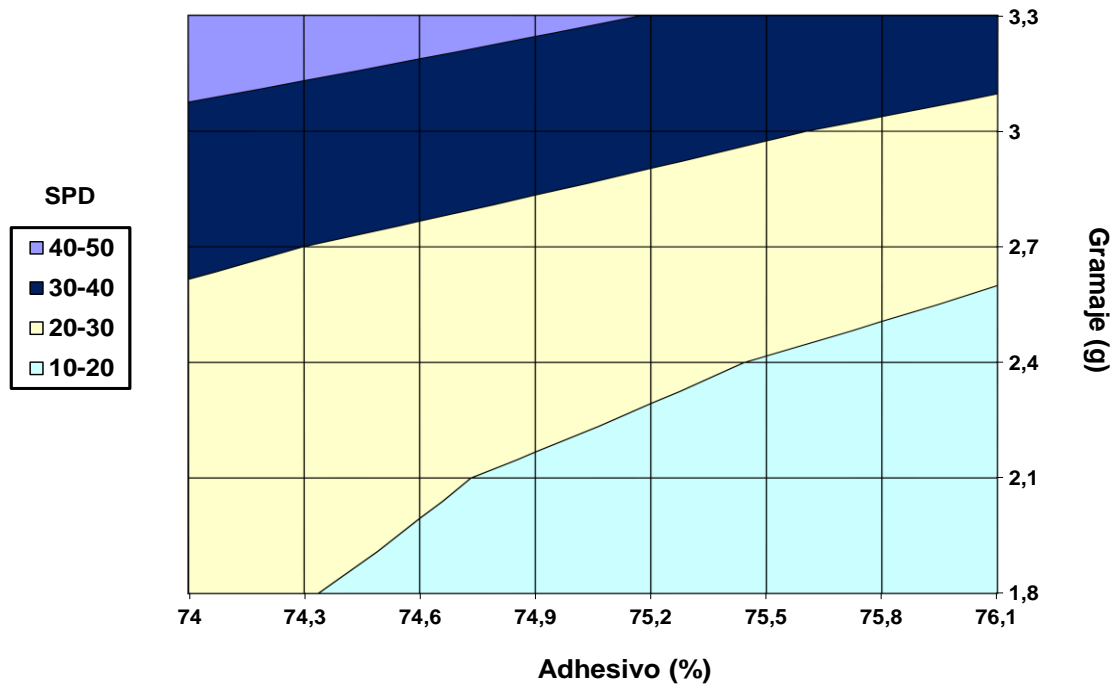


Ilustración 18. Gráfica 2D que muestra valores de SPD en el rango estudiado.

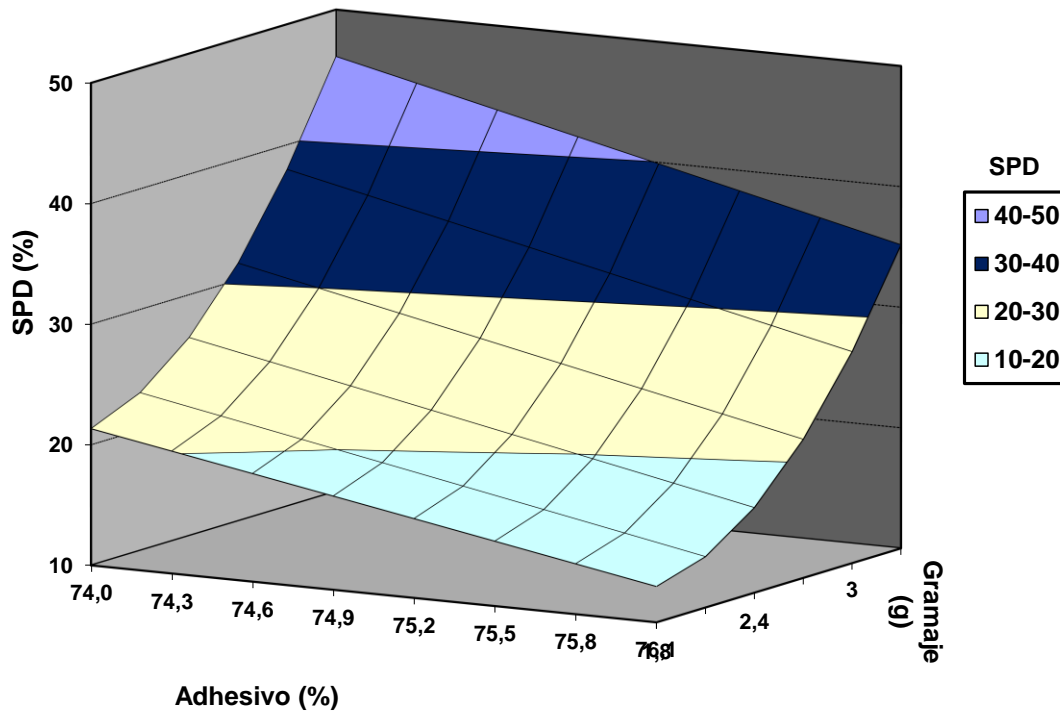


Ilustración 19. Gráfica en 3D que muestra valores de SPD en el rango estudiado.

Los gráficos en dos dimensiones como en tres, representados en la ilustración 18 y 19, ayudan a entender cómo evoluciona el SPD, cuando se producen cambios tanto en la concentración de adhesivo en la fórmula como en el gramaje de cera depositado sobre el non-woven.

Si se observa el gráfico 2D, se concluye que al avanzar en el eje X, al aumentar el porcentaje de adhesivo, el SPD de cera sobre el non- woven disminuye, como ya se determinó anteriormente, tanto a gramajes altos como bajos. Y esto es, porque, el adhesivo tiene la capacidad de adherir la cera al non-woven, evitando que esta fluya libremente por la banda.

Como se observa en los gráficos 2D y 3D, las zonas de SPD más elevado se producen cuando avanzamos positivamente en la dirección del eje Y, esto es, cuando se produce un aumento del gramaje.

Para la respuesta esparcimiento, el caso más favorable es porcentaje de resina de 76 por ciento y gramaje de 1,8 gramos, mientras que el menos favorable sería el porcentaje de resina de 74 por ciento y gramaje de 3,3 gramos.

La situación de compromiso óptimo se produciría para esta respuesta (SPD), en un gramaje intermedio, y una concentración de adhesivo media o alta, ya que estaríamos en la gráfica en las zonas de menor esparcimiento, zona verde.

10.5.3. USO

Cuando se evalúa el uso, se evalúan diferentes parámetros, que son:

- La resistencia a la separación que opone la banda de cera.
- El crack que se puede producir durante la apertura de la banda, y que es un indicativo de que la banda está seca.
- La distinción de bordes diferenciados sobre la banda el non-woven.
- Y la distribución uniforme de la cera sobre ambos non-woven.

Para el DEE, se toma como intervalo de estudio, el mismo que para todas las respuestas que se pretenden estudiar, y es el siguiente:

Codificación	Adhesivo (%)	Gramaje (g)
-1	74,0	1,8
0	75,0	2,6
1	76,0	3,3

Tabla 20. Intervalo de estudio.

La matriz de experimentos formada para el USO es la siguiente:

EXPERIMENTO	Adhesivo (%)	Gramaje (g)	Uso
1	1	1	9,0
2	1	-1	9,5
3	-1	-1	10,0
4	-1	1	10,0

Tabla 21. Matriz del DEE para el SPD.

La tabla 22, que a continuación se recoge, muestra el Algoritmo de Yates para calcular los efectos que producen sobre el uso, tanto el porcentaje en adhesivo como el gramaje sobre el non-woven.

EXPERIMENTOS	% ADHESIVO	GRAMAJE	USO	(1)	(2)	Divisor	Estimación	Identificador
1	+	+	9,0	18,5	38,5	4,0	9,6	Media
2	+	-	9,5	20,0	0,5	2,0	0,3	% Adh-Gram
3	-	-	10,0	0,5	1,5	2,0	0,8	% Adhesivo
4	-	+	10,0	0,0	-0,5	2,0	-0,3	% Gram

Tabla 22. Algoritmo de Yates para el Uso.

Las dos últimas columnas muestran los resultados de los efectos y el promedio con sus respectivas identificaciones.

A continuación se procede, a un análisis de resultados, en los que se recoge esta información, y se completa mediante gráficos intuitivos de los efectos que se producen.

- Tratamiento de datos.

A continuación se recogen las influencias o efectos de las variables estudiadas sobre el USO, así como los cálculos para determinar si estas son importantes o no lo son.

Determinación de las influencias

Experimento	I (Adhesivo)	I (Gramaje)	I (Adh-Gram)
1	9,0	9,0	9,0
2	9,5	-9,5	-9,5
3	-10,0	-10,0	10,0
4	-10,0	10,0	-10,0
Valor Influencia	-0,8	-0,3	-0,3

Tratamiento de los resultados

Media Dis. Puro	9,6
s	0,5
I.C, 95%	0,7
Media + IC	10,4
Media - IC	8,9

Tabla 23. Resumen de influencias y cálculos estadísticos.

Nota: 2,92 es el valor de la "t de Student" para dos grados de libertad y el 95% de probabilidad.

Como se observa en la determinación de las influencias, el efecto tanto de las influencias simples como combinadas, sobre el uso es negativo, indicando así que si se aumentan estas de su valor bajo al alto, la puntuación sobre el USO en el SPE disminuiría.

A continuación se exponen los gráficos de interacción entre las variables estudiadas, con la finalidad de ofrecer una comprensión visual más clara de las conclusiones antes expuestas.

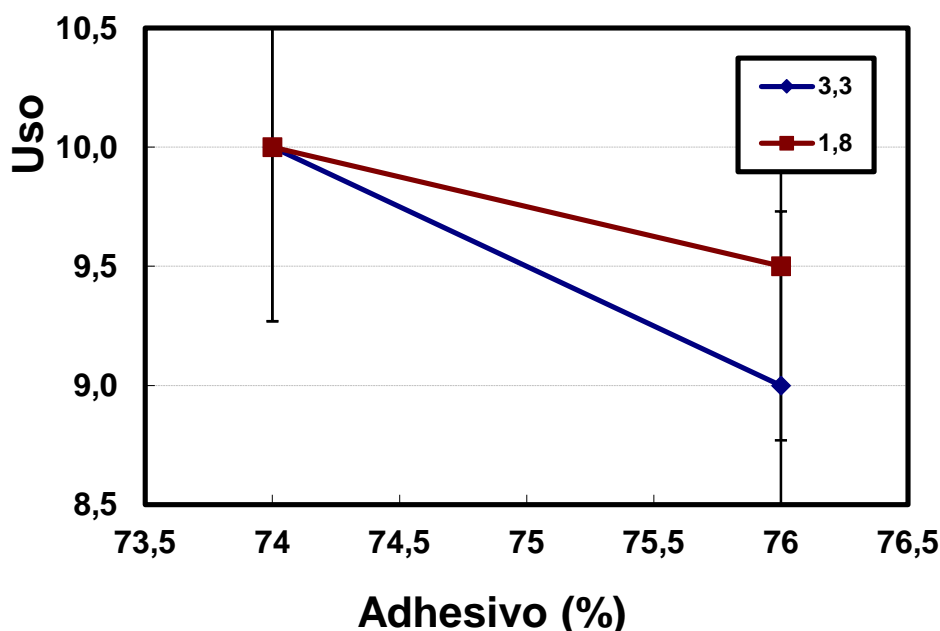


Ilustración 20. Gráfico interacción entre el porcentaje de adhesivo y el uso.

Como se observa en la ilustración 20, así como en la determinación de la influencia del adhesivo, el aumento de concentración de adhesivo, produce una reducción en la

puntuación del USO. Este efecto se produce para los dos gramajes incluidos en el estudio, tanto para el de 3,3 gramos, como para 1,8 gramos, produciéndose un descenso aproximado de 0,8 puntos, según la influencia calculada para el adhesivo, siendo este valor mayor que el intervalo de confianza en valor absoluto.

Estas conclusiones muestran que sobre el USO tiene influencia significativa el porcentaje de adhesivo en la cera. Esto se debe a que en el USO se evalúan factores antes mencionados como son, la resistencia a la separación, el crakc, la distinción de bordes y la distribución de la cera, y estos son propiedades que como se presumía previamente, están determinadas por el adhesivo. Es por esto que es esta variable la que determina el USO, y la única que presenta influencias significativas sobre esta respuesta.

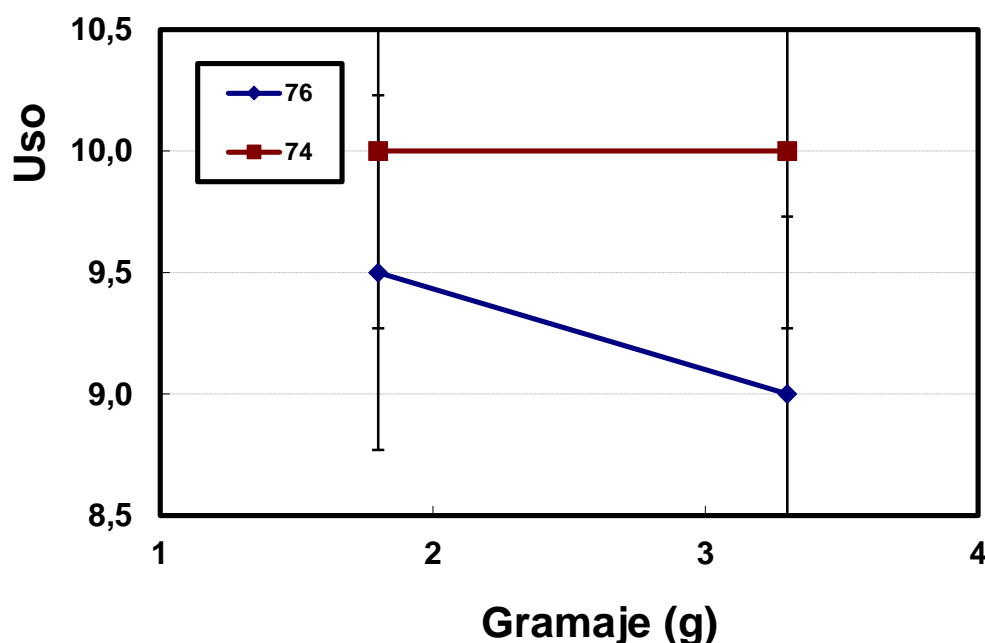


Ilustración 21. Gráfico interacción entre el gramaje y el uso.

El grafico de interacción entre el gramaje y el uso muestran la débil influencia de esta variable sobre el uso de las bandas. Tanto es así, que en la muestra con 74 por ciento de adhesivo, una variación del gramaje no tiene efecto sobre el uso, mientras que en la muestra con 76 por ciento de resina la variación es muy leve, siendo esta menor que la el intervalo de confianza calculado para la desviación típica.

Como se observan en los gráficos de interacción, la desviación típica es muy alta, observándose en los gráficos barras de error demasiado grandes. Esto es debido al carácter subjetivo y al sistema de puntuación del SPE, que hacen difícil la distinción entre diferentes ceras.

Finalmente, de la interpretación de estos gráficos de interacción de las variables estudiadas, se observa que no hay efectos cruzados para el uso.

Calculados los efectos, así como la interpretación de los mismos, se determinará a continuación el polinomio característico, y se realizará una regresión para construir los gráficos de respuestas tanto en dos dimensiones como en tres.

Estos gráficos son útiles para observar los valores que se dan a partir de unas entradas en las variables estudiadas, y nos permitirá seleccionar con mayor facilidad el óptimo. Así, como ya se mencionó en apartados anteriores, el polinomio característico se calcula a partir de la media de las respuestas y los efectos obtenidos:

$$\text{Respuesta} = \text{Media} + 0,5 \cdot [(EfX1) \cdot X1 + (EfX2) \cdot X2 + (EfX1X2) \cdot X1 \cdot X2]$$

$$\text{Uso} = 9,60 - 0,40 \cdot adh$$

Para la representación gráfica en 2D y 3D, se realiza una regresión, en la cual para el caso del uso, la ecuación para obtener un buen ajuste es la siguiente:

$$\text{Uso} = A + B \cdot x$$

Con estos dos factores se obtiene un buen coeficiente de correlación ($R^2 = 0,930$).

Para obtener curvaturas en la representación, se añade al diseño dos puntos centrales, que se recogen a continuación en la siguiente tabla (Experimentos 5 y 6):

Exptos.	USO	x
		Adhesivo
1	9,0	76,0
2	9,5	76,0
3	10,0	74,0
4	10,0	74,0
5	9,1	76,0
6	10,0	74,0

Tabla 24. Tablas para regresión del Uso.

Con estos datos, y la ayuda del Excel, se obtiene tal regresión, y las curvas en dos y tres dimensiones.

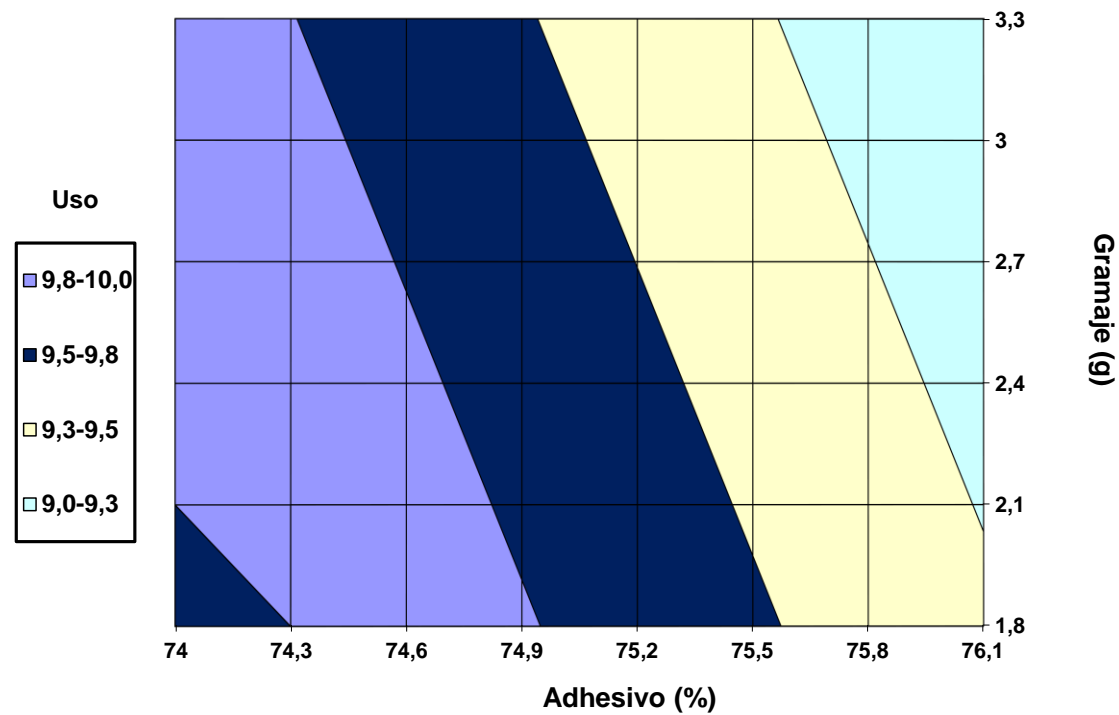


Ilustración 22. Gráfica 2D que muestra valores del uso en el rango estudiado.

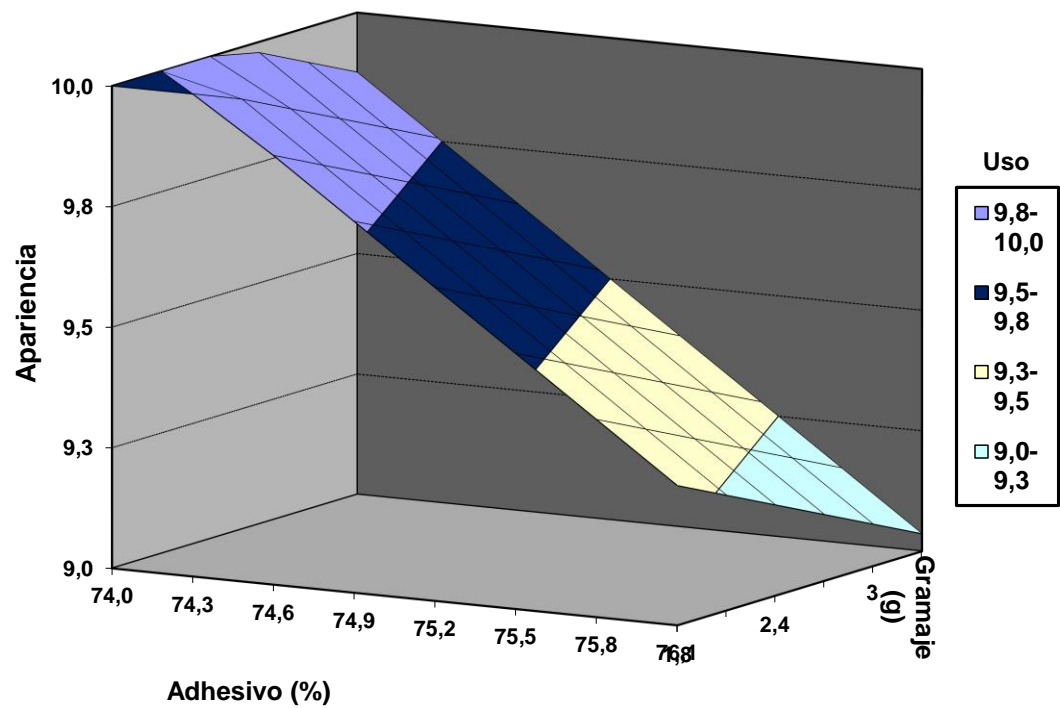


Ilustración 23. Gráfica en 3D que muestra valores del uso en el rango estudiado.

Los gráficos en dos dimensiones como en tres (ilustración 22 y 23), ayudan a entender cómo evoluciona el USO, cuando se producen cambios tanto en la concentración de adhesivo en la fórmula como en el gramaje de cera depositado sobre el non-woven.

Si se observa el gráfico 2D, se observa que al disminuir el porcentaje de adhesivo en la fórmula, el USO aumenta hasta valores entre el 9,8 y el 10, hasta un punto en el que el valor del USO vuelve a disminuir. Esto sucede casi para cualquier gramaje, esto se debe a la baja influencia que el gramaje presenta en el estudio del USO, y que se identifica con las pendientes tan elevadas de las franjas que representan cada uno de los intervalos en los que se ha dividido el estudio. Estas pendientes tan elevadas próximas a ser prácticamente rectas paralelas al eje Y (verticales), hacen que al aumentar el gramaje en el sentido positivo del eje Y para un porcentaje en resina determinado, el USO no muestre prácticamente variación alguna.

La conclusión que se obtiene con mayor claridad de estas variables, es que el USO depende solo del porcentaje en adhesivo, y que es mayor para valores bajos de este, sin llegar al mínimo, pues ahí de nuevo se produce un descenso de la puntuación del uso, según la regresión obtenida. También se comprueba que hay una relación entre la respuesta Peel Force y la respuesta USO, ya que los factores que se puntúan en el USO son resistencia a la separación, bordes diferenciados, distribución uniforme de la cera y crack al separar, y estos están relacionado con la apertura de la banda. Para ambas respuestas, interesa el porcentaje de adhesivo bajo.

10.5.4. EFECTIVIDAD

Como se menciona en apartados anteriores, es la EFECTIVIDAD la que mayor importancia tiene sobre el SPE, ya que es la que recoge en sí misma la retirada de vellos, y por ello tiene mayor peso en el sistema de puntuación.

Cuando se evalúa la EFECTIVIDAD en una banda de cera depilatoria, se evalúa diferentes parámetros, y estos son:

- El tack que presenta la vela de cera, es decir la capacidad de adhesión que esta presenta sobre la piel. Es importante notar, que al ser un test de uso, características como estas, dependen gran medida de la propia persona que evalúe la muestra, pues todos los vellos no son iguales, ni todas las pieles tampoco, y por tanto están fuertemente condicionados a esto, y a la subjetividad de la persona.
- La propia eficacia de la cera como tal, que evalúa la retirada total o no de vello durante la aplicación de la banda de cera, y que se evalúa con un solo tirón.
- El número de usos que una misma banda puede ofrecer al usuario, mientras mayor sea esta mayor puntuación recibe.
- Por último se evalúan los restos de cera que pueden quedar en la piel durante la aplicación de la banda de cera, de forma que si no deja restos, la puntuación es la máxima.

Se toma el mismo intervalo de estudio:

Codificación	Adhesivo (%)	Gramaje (g)
-1	74,0	1,8
0	75,0	2,6
1	76,0	3,3

Tabla 25. Intervalo de estudio.

La matriz de experimentos formada para la EFECTIVIDAD es la siguiente:

EXPERIMENTO	Adhesivo	Gramaje	Efectividad
1	1	1	8,0
2	1	-1	6,9
3	-1	-1	7,2
4	-1	1	8,0

Tabla 26. Matriz del DEE para la Efectividad.

Realizado los experimentos se realiza el tratamiento de datos.

La tabla 27, que a continuación se recoge, muestra el Algoritmo de Yates para calcular las influencias o efectos sobre la EFECTIVIDAD, tanto del porcentaje en adhesivo como del gramaje de cera sobre el non-woven.

EXPERIMENTOS	% RESINA	GRAMAJE	EFECTIVIDAD	(1)	(2)	Divisor	Estimación	Identificador
1	+	+	8,0	14,9	30,1	4,0	7,5	Media
2	+	-	6,9	15,2	-0,3	2,0	-0,2	% Adh-Gram
3	-	-	7,2	-1,1	0,3	2,0	0,1	% Adhesivo
4	-	+	8,0	0,8	1,9	2,0	1,0	% Gram

Tabla 27. Algoritmo de Yates para la Efectividad.

Las dos últimas columnas muestran los resultados de los efectos y el promedio con sus respectivas identificaciones.

A continuación se procede, a un análisis de resultados, en los que se recoge esta información, y se completa mediante gráficos intuitivos de los efectos que se producen.

- Tratamiento de datos.

A continuación se recogen las influencias o efectos de las variables estudiadas sobre la EFECTIVIDAD, así como los cálculos para determinar si estas son importantes o no lo son.

Determinación de las influencias

Experimento	I (Adhesivo)	I (Gramaje)	I (Adh-Gram)
1	8,0	8,0	8,0
2	6,9	-6,9	-6,9
3	-7,2	-7,2	7,2
4	-8,0	8,0	-8,0
Valor Influencia	-0,2	1,0	0,2

Tratamiento de los resultados

Media Dis. Puro	7,5
S	0,5
I.C, 95%	0,7
Media + IC	8,2
Media – IC	6,8

Tabla 28. Resumen influencias para la Efectividad y cálculos estadísticos.

Nota: 2,92 es el valor de la "t de Student" para dos grados de libertad y el 95% de probabilidad.

Se analizan los gráficos de interacción entre las variables estudiadas, con la finalidad de ofrecer una comprensión visual más clara.

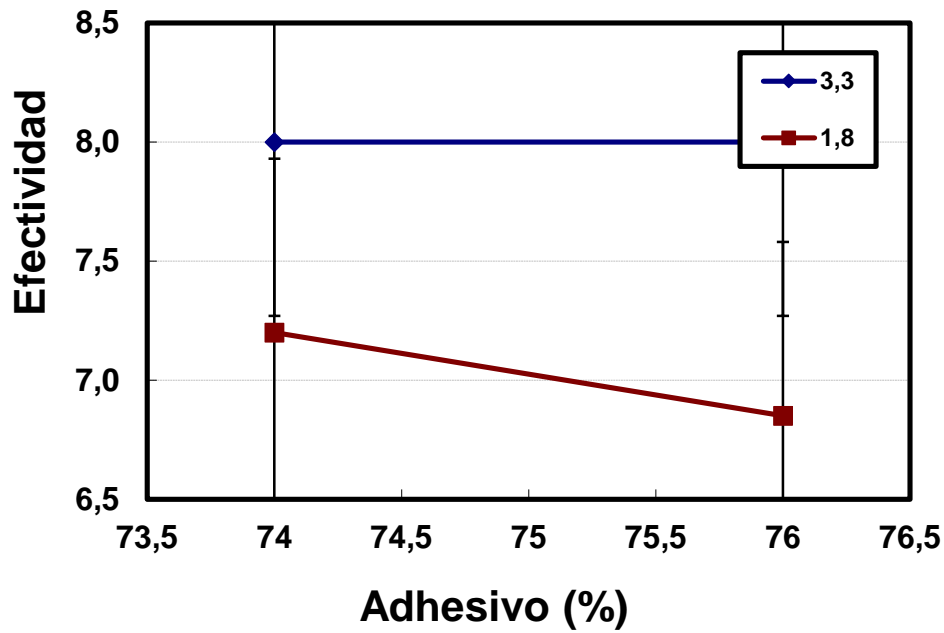


Ilustración 24. Gráfico interacción entre el porcentaje de adhesivo y la Efectividad.

Como se observa en la gráfica de interacción entre el porcentaje el adhesivo y la Efectividad (ilustración 24), así como en la determinación de la influencia del adhesivo, esta variable no tiene efecto significativo sobre la Efectividad. Tanto es así, que en la muestra con 3,3 gramos, una variación del porcentaje de adhesivo no produce variación en la efectividad, mientras que en la muestra con 1,8 gramos la variación es muy leve, siendo esta menor que la desviación típica del estudio.

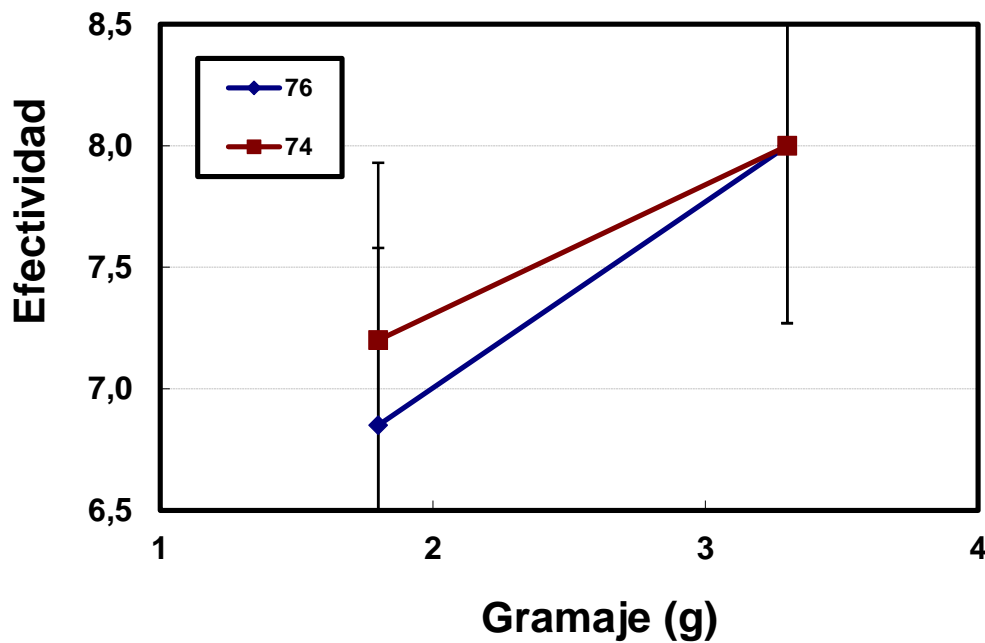


Ilustración 25. Gráfico interacción entre el gramaje y la Efectividad.

El gráfico de interacción entre el gramaje y la Efectividad muestran las influencias antes calculadas. Al producirse un aumento de gramaje, según el DEE desarrollado, la Efectividad de la cera presenta una leve mejoría, poco superior al intervalo de confianza de la medida.

Como se observan en los gráficos de interacción, la desviación típica es muy alta, observándose en los gráficos barras de error demasiado grandes. Esto es debido como ya se explicó anteriormente, al carácter subjetivo y al sistema de puntuación del SPE, que hacen difícil la distinción entre diferentes ceras.

Finalmente, de la interpretación de estos gráficos de interacción de las variables estudiadas, se observa que no hay efectos cruzados.

Estas conclusiones muestran que sobre la Efectividad tiene influencia significativa el gramaje de cera, mientras que el porcentaje en adhesivo no.

Por tanto, al contrario de lo que cabía esperar en un principio, la variación de concentración de adhesivo en la fórmula, no mejora la Efectividad.

Por tanto, el DEE para esta respuesta es útil para confirmar que el gramaje es el factor determinante en la Efectividad, y esto se debe que a mayor gramaje depositado en el soporte, mayor número de usos se obtiene de una banda.

Calculados los efectos, así como la interpretación de los mismos, se determinará a continuación el polinomio característico, y se realizará una regresión para construir los gráficos de respuestas tanto en dos dimensiones como en tres.

Estos gráficos son útiles para observar los valores que se dan a partir de unas entradas en las variables estudiadas, y nos permitirá seleccionar con mayor facilidad el óptimo.

Así, como ya se mencionó en apartados anteriores, el polinomio característico se calcula a partir de la media y los efectos obtenidos:

$$\text{Respuesta} = \text{Media} + 0,5 \cdot [(EfX1) \cdot X1 + (EfX2) \cdot X2 + (EfX1X2) \cdot X1 \cdot X2]$$

$$\text{EFECTIVIDAD} = 7,50 - 0,50 \cdot \text{gram}$$

Para la representación gráfica en 2D y 3D, se realiza una regresión, en la cual para el caso de la Efectividad, la ecuación para obtener un buen ajuste es la siguiente:

$$\text{EFECTIVIDAD} = A + C \cdot y + F \cdot y^2$$

Se añade a la regresión un factor cuadrático, con la intención de obtener un buen coeficiente de correlación ($R^2 = 0,860$).

Se añade al DEE dos puntos centrales, que se recogen a continuación en la siguiente tabla (experimentos 5 y 6) con el fin de obtener superficies con cierta curvatura:

Expto.	Efectividad	y	y ²
		Gramaje	
1	8,0	3,3	10,9
2	6,9	1,8	3,2
3	7,2	1,8	3,2
4	8,0	3,3	10,9
5	7,9	2,6	6,8
6	7,4	2,6	6,8

Tabla 29. Tablas para regresión de la Efectividad.

Las siguientes dos gráficas muestran las curvas de nivel (2D) y las superficies en tres dimensiones (3D).

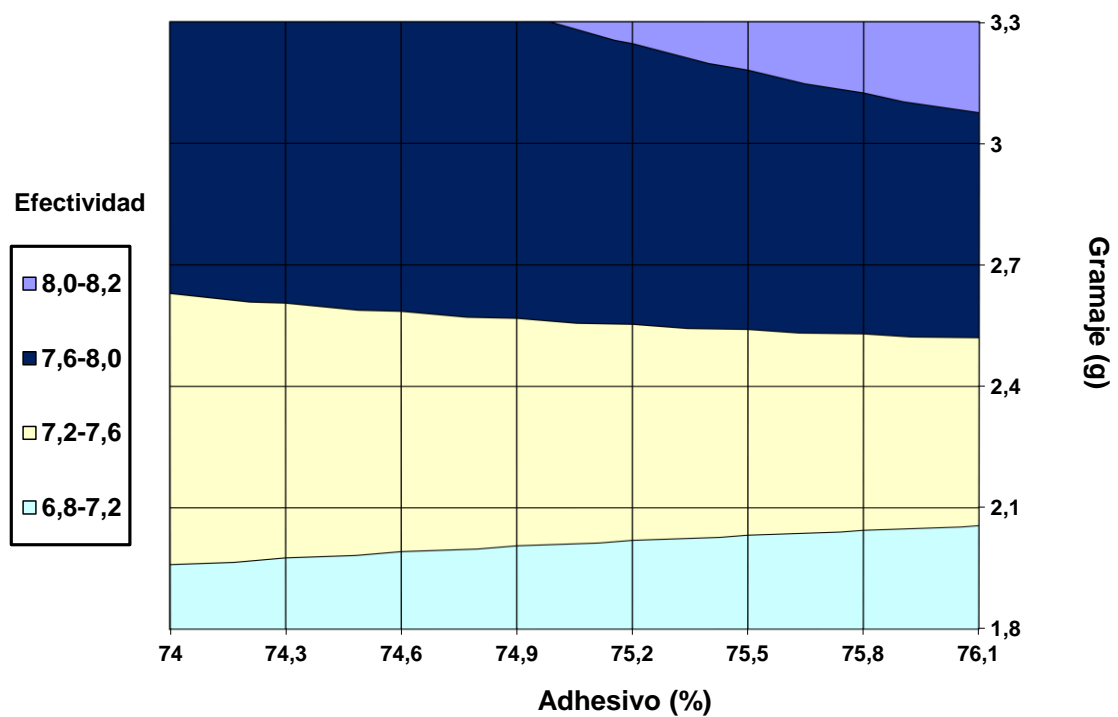


Ilustración 26. Gráfica 2D que muestra valores de la Efectividad en el rango estudiado.

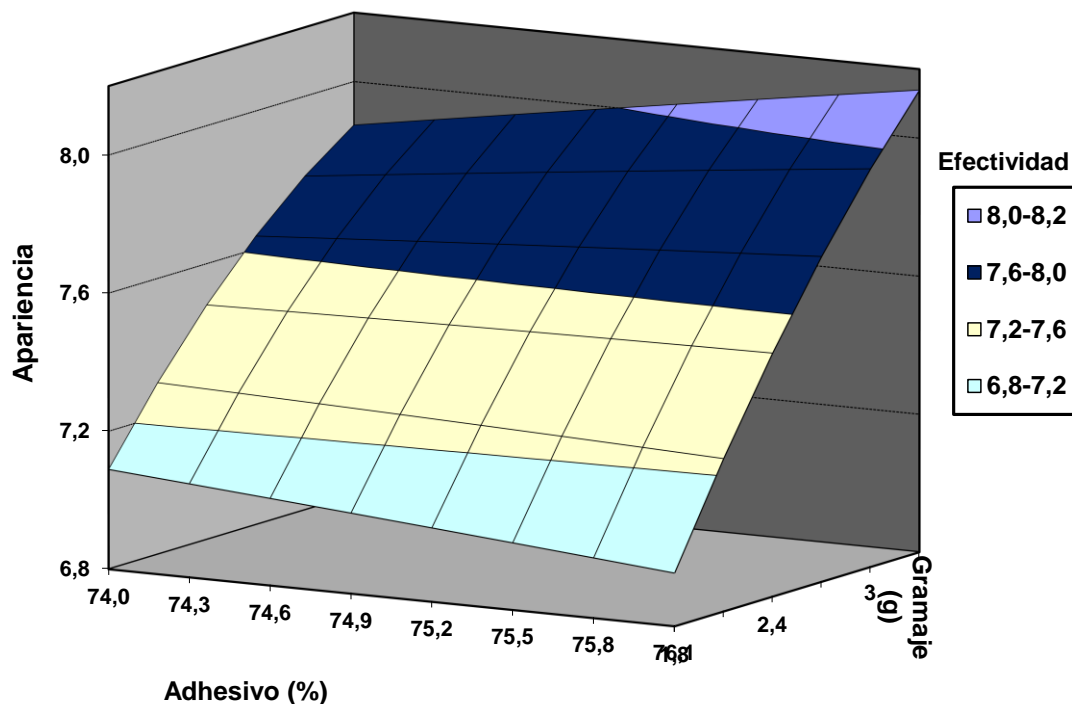


Ilustración 27. Gráfica en 3D que muestra valores de Efectividad en el rango estudiado.

Los gráficos en dos dimensiones como en tres, ayudan a entender cómo evoluciona la efectividad, cuando se producen cambios tanto en la concentración de adhesivo en la fórmula como en el gramaje de cera depositado sobre el non-woven.

Si se observa el gráfico 2D, se observa que al aumentar el gramaje de cera sobre el non-woven, sentido positivo del eje Y, la efectividad aumenta durante todo su recorrido.

Por otro lado, la baja influencia que el porcentaje de adhesivo presenta en el estudio de la Efectividad, se refleja en las pendientes casi nulas de las franjas que representan cada uno de los intervalos en los que se ha dividido el estudio. Estas pendientes tan pequeñas, casi horizontales, próximas a ser prácticamente rectas paralelas al eje X, hacen que al aumentar el porcentaje en el adhesivo en el sentido positivo del eje X para un gramaje determinado, la Efectividad no muestre variación alguna.

La conclusión que se obtiene con mayor claridad de estas variables, es que la Efectividad depende solo del gramaje, y que es mayor para valores altos de este.

En la Efectividad ocurre lo contrario que para el USO.

El óptimo para la Efectividad se daría para valores altos de porcentaje en adhesivo y gramajes altos.

10.5.5. CONCLUSIONES OBTENIDAS EN EL DEE

A continuación se presenta la mejor opción para cada una de las respuestas estudiadas, así como la opción finalmente elegida.

RESPUESTA ESTUDIADA	PEEL FORCE	SPD	USO	EFFECTIVIDAD
MEJOR OPCIÓN	74% ADHESIVO 3,3 GRAMOS	76%ADHESIVO 1,8 GRAMOS	74%ADHESIVO GRAMAJE INDIFERENTE	3,3 GRAMOS % DE ADHESIVO INDIFERENTE

Tabla 30. Conclusiones del DEE

Con los resultados obtenidos, se elige como fórmula definitiva para producir a escala industrial aquella que contiene un 74 por ciento de adhesivo, y un gramaje de 3,3 gramos.

Se elige esta, por ser la fórmula que presenta una bajada de Peel Force significativa y un mejor Uso de las bandas de ceras, ya que como se fijó en el apartado Objetivos, la bajada de Peel Force era primordial en el diseño de la nueva formulación.

Cabe destacar, que las características que presenta la formulación elegida mejoran las de su predecesora (76 por ciento de adhesivo), en la mayoría de los parámetros estudiados en el DEE.

Se descartan todas aquellas combinaciones con gramaje 1,8 y 2,6 gramos, debido a su aspecto y su baja eficacia. No se consiguen con ellas su objetivo de obtener la misma calidad que las bandas dosificadas a 3,3 gramos.

11. PRODUCCIÓN DE LA CERA FRÍA

Una vez terminado el diseño de experimentos, y elegido el desarrollo más adecuado para nuestros objetivos, el siguiente paso, es producir la cera y dosificarla en bandas.

Para ello, se envía las especificaciones a Producción y se realiza un lote de cincuenta kilogramos, y su posterior dosificación en máquina.

Es objeto de este proyecto, como se menciona en el apartado Objetivos, diseñar una nueva instalación, que utilizará el departamento de Producción, y que mejorará el existente, haciéndolo más autónomo y menos dependiente del personal de la empresa. Esta instalación vendrá recogida en la segunda parte del presente proyecto.

Una vez que las bandas de cera han sido fabricadas por producción, se les realiza un estudio completo, en el que se evalúan aspectos ya estudiados en el diseño de experimentos, y nuevos aspectos, como son además del Peel Force, esparcimiento y SPE, las propiedades reológicas de la cera obtenida, mediante el manejo de un reómetro, en el cual se estudiarán los comportamientos viscoelásticos de la cera, las viscosidades que presenta esta, y las conclusiones que se pueden obtener con este análisis, y su comparación con productos de referencia del mercado.

También se elegirá y evaluará en esta caracterización aspectos como son el espesor, gramaje y densidad de fibra del non-woven empleado para el desarrollo, ya que el sustrato también es una parte importante de la banda de cera en su conjunto, y la adhesividad de la cera, mediante un ensayo desarrollado en el reómetro.

Todo esto vendrá recogido en posteriores apartados.

12. SOTFWARES Y MÁQUINAS EMPLEADAS EN LA CARACTERIZACIÓN

En este apartado, se va a exponer y explicar brevemente las herramientas utilizadas para la caracterización de la cera fría desarrollada como producto terminado y su validación para producirse a grandes escalas.

Los softwares necesarios para tal caracterización son:

- ImageJ. Es el software utilizado para calcular el esparcimiento de las bandas de cera. Es un programa de imagen, que nos permite conocer el esparcimiento sobre una banda de cera.
- TrapeziumX. Este programa informático es el que utiliza la máquina universal de ensayos. Es en él en el que se pueden desarrollar diversos métodos de ensayos, y para este caso se desarrolla el Peel Force.
- KinexusPro. Es el software que junto al reómetro, nos dan información reológica de la cera desarrollada, viscosidades y comportamientos reológicos. En él se desarrollan infinidad de ensayos, mucho de los cuales serán utilizados en esta caracterización.

El uso de estos softwares viene recogido en el **“Anexos de la Experimentación”** del presente proyecto.

También se ha empleado para completar la caracterización un palpador para medir espesores del non-woven y un microscopio para observar las fibras que este non woven posee.

12.1. INTRODUCCIÓN A LA REOLOGÍA

La Reología es la disciplina científica que se dedica al estudio de la deformación y flujo de la materia o, más precisamente, de los fluidos. La palabra reología proviene del griego, y significa estudio del flujo.

El estudio del comportamiento de un fluido consiste básicamente en someterle a un esfuerzo y de alguna forma medir la deformación (*control por esfuerzo, shear stress control*), o tasa de deformación resultante. Puede también someterse el fluido a una deformación o tasa de deformación conocida y medir la respuesta de esfuerzo (*control por velocidad de deformación, shear rate control*).

En el siguiente punto se definirán los conceptos y parámetros claves de Reología, como son esfuerzo, deformación y tasa de deformación.

A pesar de que la Reología pudiera cubrir todo lo que tiene que ver con los comportamientos de flujo en aeronáutica, mecánica de fluidos e inclusive la mecánica de sólidos, el objetivo de la Reología está restringido a la observación del comportamiento de materiales sometidos a deformaciones muy sencillas. Por medio de la observación y del conocimiento del campo de deformación aplicado, el reólogo puede en muchos casos desarrollar una relación constitutiva o modelo matemático que permite obtener, en principio, las funciones materiales o propiedades que caracterizan el material.

Las funciones materiales y relaciones constitutivas tienen varios usos en la práctica, dependiendo del objetivo del estudio de cada tipo de material. En tal sentido pueden distinguirse dos objetivos principales:

- Predecir el comportamiento macroscópico del fluido bajo condiciones de proceso para lo cual se hace uso de las relaciones constitutivas y de las funciones materiales (ensayos rotatorios, en los que se observa el comportamiento de la viscosidad).
- Estudiar de manera indirecta la microestructura del fluido y evaluar el efecto de varios factores sobre dicha microestructura. Para esto se comparan las funciones materiales o propiedades reológicas (determinación de los parámetros que determinan la evolución del comportamiento viscoelásticos del fluido, ensayos oscilatorios).

Los fluidos que son del interés de la Reología presentan una gama de comportamientos que van desde el viscoso Newtoniano hasta el sólido elástico de Hooke. Dentro de esta categoría pueden conseguirse innumerables materiales tales como el yogurt, la mayonesa, la sangre, las pinturas, las grasas y como en este caso, una cera fría depilatoria.

Como fluido se entiende toda porción de materia capaz de deformarse continuamente cuando es sujeta a una fuerza o deformación, a diferencia de los sólidos, los cuales o no se deforman o sólo se deforman hasta cierto punto. Son fluidos todos los líquidos, los gases y otros fluidos de composición más compleja tales como las emulsiones y suspensiones, las pastas y los polímeros fundidos, entre otros. En realidad, la clasificación de fluido o sólido deformable no es muy nítida en muchos casos; frecuentemente sólo puede hablarse del grado en que un fluido se acerca a uno u otro tipo de comportamiento, y esto es lo que estudia la Reología, y lo que se va a estudiar para una cera fría.

En tal sentido, el comportamiento de los fluidos se puede acotar entre dos extremos, siendo el comportamiento viscoso Newtoniano un extremo y el comportamiento elástico de Hooke el otro extremo. Es justamente dentro de este intervalo de comportamiento que se encuentra el interés de la Reología.

Cuando un fluido se encuentra en movimiento respecto a una superficie sólida se produce un rozamiento entre ambos. La magnitud de este rozamiento depende entre otros factores de la "consistencia" del fluido. A mayor "consistencia", mayor rozamiento. Esta propiedad se suele expresar con más rigor como la viscosidad del fluido. La viscosidad es la propiedad de los líquidos y gases reales newtonianos que caracteriza su resistencia a fluir.

Como es sabido, la materia se presenta siempre en estado sólido o fluido. Ambos se comportan de distinta manera al ser sometidos a fuerzas externas. En general, el comportamiento de la materia bajo la acción de éstas se aproxima a uno de los siguientes casos límites antes expuestos:

- Comportamiento elástico. Por la acción de un sistema de fuerzas externas la materia se deforma y cambia de volumen. Si éstas dejan de actuar, la materia recupera su forma y volumen originales, recuperándose el trabajo realizado por las fuerzas durante la deformación.
- Comportamiento viscoso. Por la acción de un sistema de fuerzas tangenciales la materia fluye y se deforma, por pequeña que sea la magnitud de la fuerza. Si aquellas dejan de actuar en un momento dado, la materia queda en el estado que en ese momento haya alcanzado, sin recuperar su forma y volumen originales. El trabajo que realizan estas fuerzas durante la deformación se disipa continuamente transformándose íntegramente en calor.

Las sustancias reales se aproximan en su comportamiento a uno u otro de estos casos límite, según su naturaleza, estado de agregación y características de las fuerzas que actúen sobre ellas.

Las presiones isotrópicas uniformes, al actuar con la misma intensidad normalmente a la superficie límite de cualquier sustancia, determinarán solamente un cambio de volumen de ésta sin afectar a su forma, independientemente de su naturaleza o estado

de agregación. En este caso todas las sustancias se aproximan al comportamiento elástico, lo que constituye el denominado *primer axioma de la Reología*.

En cambio, las fuerzas rasantes, al actuar tangencialmente a la superficie de las sustancias, determinan que el comportamiento de las mismas se aproxime al elástico si son sólidas y al viscoso si fueran fluidas.

Se puede definir un fluido como toda sustancia capaz de cambiar de forma bajo la acción de una fuerza rasante, de esta definición se deduce el *segundo axioma de la Reología*, según el cual, si un fluido está en reposo no puede actuar sobre él ninguna fuerza rasante.

Finalmente, se dice que un fluido es viscoelástico, cuando su comportamiento oscila entre el sólido elástico de Hooke y el comportamiento viscoso de Newton, recuperando sus características iniciales con el tiempo cuando deja de someterse sobre él fuerza alguna. Sin embargo, si tal fluido es sometido a un esfuerzo tal que rompe su estructura interna, este queda deformado y no recupera su estructura, manteniéndose así fuera del rango viscoelástico permanentemente.

La clasificación de los fluidos según el comportamiento reológico que presenten, así como la definición y explicación de los parámetros reológicos empleados en la caracterización de la cera, y la clasificación y explicación de los ensayos realizados en el reómetro, vienen recogidos en el Anexo IV del **“Anexo de la Experimentación”** del presente proyecto. Este anexo permitirá entender mejor el análisis reológico realizado a la cera.

13. CARACTERIZACIÓN CERA FRÍA

Este apartado del proyecto, pretende caracterizar la cera fría desarrollada, y dar unas especificaciones acerca de las propiedades que posee la cera.

El estudio completo de dicha caracterización llevado a cabo para el presente proyecto incluye un benchmark (índice de referencia - análisis de mercado) entre la fórmula desarrollada en este proyecto y la fórmula de cera fría que MARCA LÍDER Y, marca líder en el sector, posee en el mercado.

El objetivo principal del estudio fue comparar las diferentes bandas de cera analizando completamente todos los detalles que una banda de cera fría ofrece y que sigue la siguiente estructura:

- Comparación de la composición de cera de base, a partir de información de la lista INCI (se recuerda, que el INCI de una fórmula son los ingredientes que esta posee en mayor cantidad, en orden decreciente, pero sin ofrecer datos acerca de las cantidades).
- Análisis de sustrato o non-woven (gramaje, la densidad de fibra y el espesor).
- Las propiedades físico-mecánicas de la banda de cera y la interacción de cera-sustrato.
 - Gramaje de cera.
 - Peel Force. Se mide la resistencia a la apertura de las bandas depilatorias a una temperatura de 25 °C.
 - Adhesividad.
 - Esparcimiento (SPD). Se realizará el test acelerado explicado anteriormente, a tres muestras, a 85 °C en el horno, durante quince minutos.
- Performance de las bandas mediante un Single Product Evaluation (SPE), evaluando la apariencia, uso y efectividad.

13.1. MUESTRAS Y MÉTODOS

Las tablas 31 y 32 recogen las muestras que se van a analizar, así como los métodos que se van a realizar a modo resumen.

Nombre	Formato	Comentarios
Nueva Formulación	Corporal	Fórmula mejorada, que se ofrecerá a nuevos clientes.
Marca líder, Y	Corporal	Marca líder en el sector de las bandas depilatorias frías.

Tabla 31. Identificación de las muestras a caracterizar.

Non – woven (sustrato)	Banda completa	Cera
Análisis microscópico	Gramaje de cera	INCI
Gramaje	Peel Force a 25°C	Ensayos reológicos:
Espesor	Esparcimiento (SPD)	- Oscilatorios
Densidad de fibra	Single Product Evaluation (SPE)	- Rotatorios
		- Adhesividad a 25°C

Tabla 32. Ensayos a analizar para cada banda de cera.

13.2. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN

13.2.1. INCI

En primer lugar, se planeó una comparación sencilla basada en la lista de ingredientes INCI. La tabla 33 muestra la lista de ingredientes de cada formulación de cera analizada.

	Nueva formulación	Marca líder Y
RESINAS	Colophonium Glyceryl rosinate	Triethylene glycol rosinate Glyceryl rosinate
MODIFICADORES VISCOSIDAD	Paraffinum liquidum Polyethylene	Silica Polyethylene
PRINCIPIOS ACTIVOS	Prunus amygdalus dulcis oil Aloe barbadensis leaf extract Helianthus annus seed oil Ricinus communis seed oil BHT Ascorbyl Palmitate	Prunus amygdalus dulcis oil Tocopheryl acetate
PERFUME	Parfum	Parfum
COLORANTES	CI 77891 CI 15850	Without Colorant
ANTIOXIDANTES	Yes	Yes

Tabla 33. Composición según el INCI.

A partir de la composición presentada anteriormente, algunos puntos deben ser abordados:

1. Marca líder Y, presenta diferentes modificadores de la viscosidad y principios activos. Se debe mencionar que, por ejemplo, la sílice está patentado por MARCA LÍDER Y para bandas de cera fría, y que por tanto no puede usarse en el desarrollo de nuestra formulación.
2. Entre todas las resinas empleadas en estos productos, el Trietilenglicol rosinato presenta un punto de reblandecimiento más bajo (semi - líquido a temperatura ambiente). Así, el uso de Trietilenglicol rosinato puede ayudar a la formulación de cera para lograr una viscosidad más baja:
 - La viscosidad de la cera tiene que estar relacionado con la temperatura, una viscosidad tan baja puede ser especialmente importante para el comportamiento de las bandas de cera fría a temperaturas más bajas, y ofrecer mayor facilidad en la apertura de las bandas, y por tanto menor Peel Force.
 - Por otro lado, cuanto menor es la viscosidad de la cera más problemas de esparcimiento presentará en unas ciertas condiciones.
3. Marca líder Y, presenta en sus formulaciones antioxidantes, y por tanto estos se añaden a la nueva fórmula desarrollada. Esto es debido, a que el uso de resinas naturales se pueden oxidar en condiciones ambientales con mayor facilidad, si no se añade un sistema antioxidante a la fórmula. Así, la adición de un sistema antioxidante es muy recomendable con el fin de minimizar los problemas de las bandas a largo plazo, y que no son objeto de estudio en este proyecto. El antioxidante actúa oxidándose él, en lugar de la resina, con esto se evita que se formen compuestos oxidado de mayor tamaño que provoquen un aumento de la rigidez en las bandas.

En el estudio reológico se intentará prever si estos presentan cambios de comportamiento en la estructura de la cera produciéndose una oxidación precipitada, mediante los ensayos de oscilación.

13.2.2. ANÁLISIS DEL NON WOVEN (NW)

Se muestran a continuación los resultados obtenidos sobre el soporte o non-woven, imágenes al microscopio y proveedor de los mismos:

	Gramaje NW (mg/mm ²)	Espesor NW (mm)	Densidad de fibra (mg/mm ²)	Proveedor NW
Nueva formulación	0,069	0,15	0,45	Mondi
Marca líder (Y)	0,070	0,11	0,63	Mondi

Tabla 34. Análisis del non - woven (sustrato).

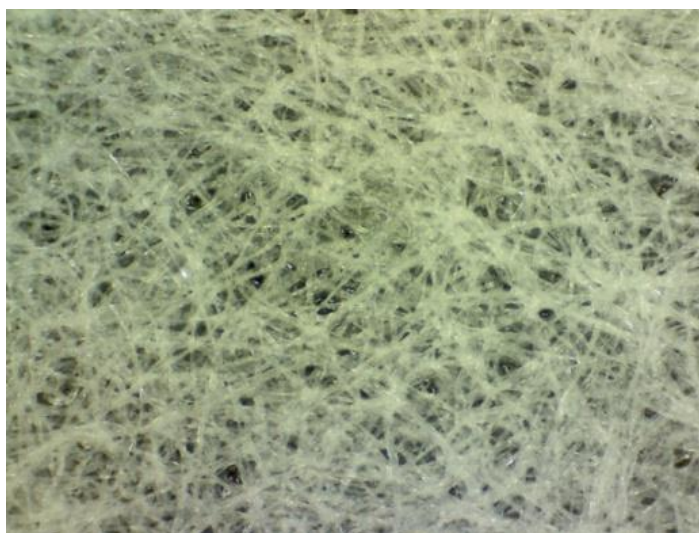


Ilustración 28. Imagen microscopio non - woven de la fórmula desarrollada.

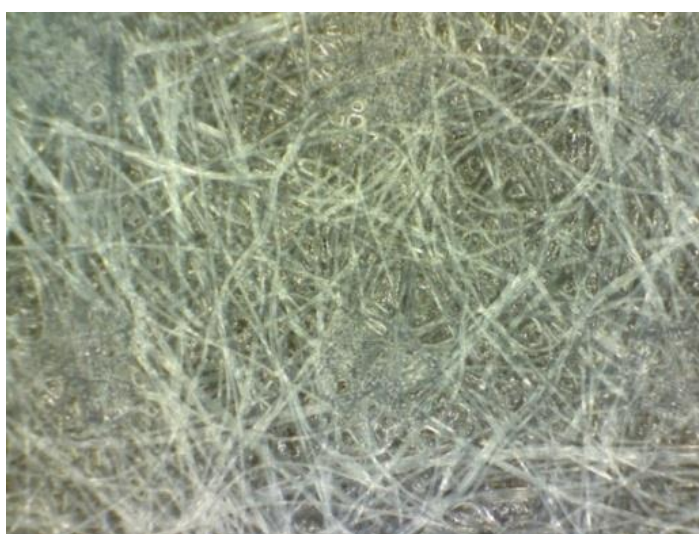


Ilustración 29. Imagen microscopio non - woven de la fórmula de MARCA LÍDER Y.

En las dos imágenes anteriores al microscopio de los non-wovens, ilustraciones 28 y 29, tanto de MARCA LÍDER Y, como el usado para el desarrollo de la fórmula de este proyecto, se observa que el non-woven que presenta MARCA LÍDER Y para sus bandas depilatorias de cera fría presenta a nivel microscópico una diferencia notoria respecto al empleado para nuestro desarrollo. Este sustrato (de MARCA LÍDER Y) resultó ser más fino y un gramaje algo superior. Estas propiedades se pueden explicar por su mayor composición de *polyethylene* (PE) y una estructura de fibra mucho menos ramificada, que la usada para nuestro desarrollo.

Aunque posiblemente el non-woven de MARCA LÍDER Y influya directamente en el esparcimiento de cera en las bandas, eso unido a la sílice que contienen en su fórmula, aportan a MARCA LÍDER Y, como veremos más adelante, mejores resultados en el esparcimiento (SPD) que el usado para el desarrollo del presente proyecto. Sin embargo el non-woven que se emplea para la fórmula desarrollada en este proyecto asegura mejor apariencia y un mejor aspecto, debido a la distribución de fibra más compacta.

Este último punto puede ser muy importante, debido a una distribución más estrecha de las fibras del non-woven mostrando una menor tendencia a ser afectado por las burbujas de aire y puntos blancos durante el proceso de dosificación de la cera en bandas.

Aunque el non-woven de MARCA LÍDER Y no presente tales problemas, a nuestro desarrollo proporcionará una mejora notoria, previniendo así un mal aspecto del producto acabado, y consiguiendo mejorar a MARCA LÍDER Y en cuanto a apariencia y estética de las bandas.

13.2.3. PROPIEDADES FÍSICAS DEL PRODUCTO

A continuación se recogen todas las propiedades físicas de la cera desarrollada y la de la fórmula referente del mercado.

Como ya se dijo, la tabla recoge las dimensiones de la cera sobre el non-woven, la cantidad de cera por unidad y el gramaje de cera en (mg/mm²).

	Ancho (mm)	Largo (mm)	Área de cera (mm ²)	Cantidad de cera (mg)	Gramaje de cera (mg/mm ²)
Fórmula desarrollada	55	133	7315	3345	0,47
MARCA LÍDER (Y) 50		130	6500	2989	0,46

Tabla 35. Resumen de las propiedades físicas de ambas formulaciones.

Como se observa, ambas fórmulas presentan un gramaje de cera muy similar, destacando, que para la fórmula desarrollada, las dimensiones de la cera sobre el non-woven son mayores que para MARCA LÍDER Y.

Evidentemente una mayor área de cera en la banda supone una mayor superficie para la retirada de vello que una superficie más pequeña.

13.2.4. PEEL FORCE

Desde un punto de vista práctico, es generalmente deseable para una banda de cera fría que esta tenga una baja resistencia a la apertura, que le supondría al consumidor menos esfuerzo durante la apertura de la banda.

Sin embargo, es necesario un equilibrio adecuado entre la fuerza de apertura y la adhesividad que las bandas presenten, con el fin de mantener el rendimiento de la aplicación, en la medida que se refiere a la eficacia de la depilación, ya que Peel Force más bajo, supondrán adhesividades menores, como se verá más adelante, y esto implica que la cera se adhiera peor a la piel del usuario.

La ilustración 30 recoge los valores de Peel Force (PF) obtenidos mediante la máquina universal de ensayos, a una temperatura de 25 °C, y con una velocidad de apertura de 900mm/min.

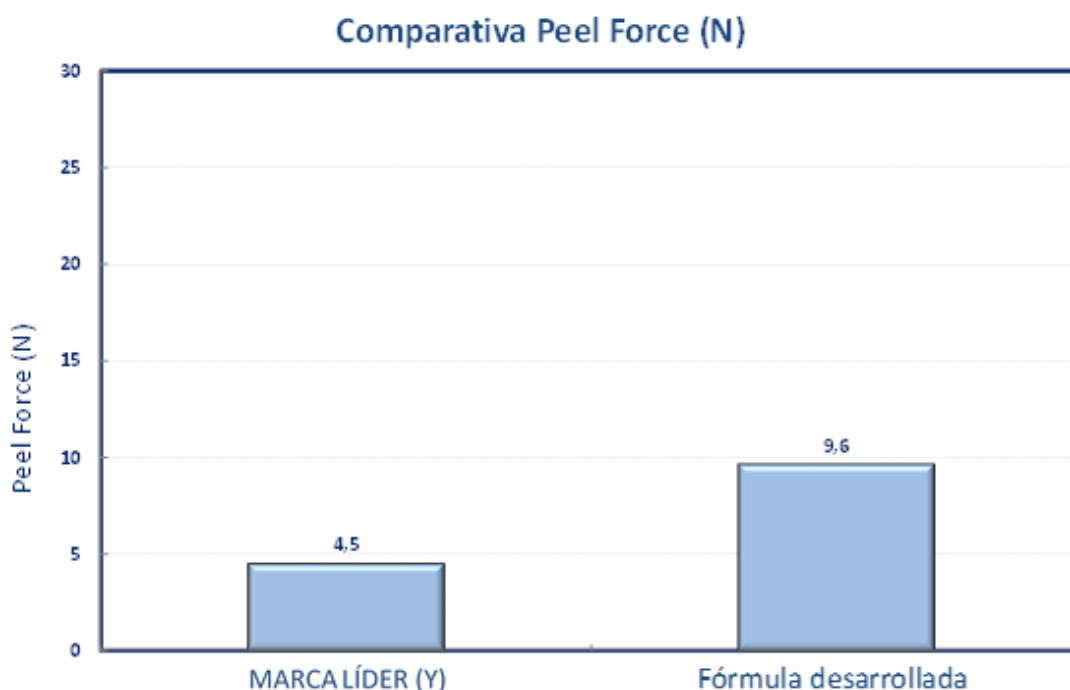


Ilustración 30. Comparativa de Peel Force a 25 °C y una velocidad de apertura de 900 mm/min.

En este gráfico se observa la diferencia en cuanto a Peel Force. Es verdad que las bandas de ceras desarrolladas en este proyecto, presentan mayor resistencia a la apertura, pero al considerar que una banda tradicional tiene un Peel Force en torno a 30 N, se puede decir que se encuentran en el mismo orden de magnitud, y esto unido a que como se verá más adelante, nuestra fórmula presentará mejor adhesividad, hacen que el balance del desarrollo en este aspecto sea muy positivo.

El Peel Force medido, depende de las dimensiones (anchura) de la banda que se ensaya, mientras mayor sea el ancho de banda, mayor resistencia presentará esta durante su apertura.

Con el fin de normalizar este aspecto, se calcula a partir del Peel Force un nuevo parámetro, la tensión, que se calcula así:

$$Tension = \frac{Peel\ force}{Ancho\ de\ banda} [N/mm]$$

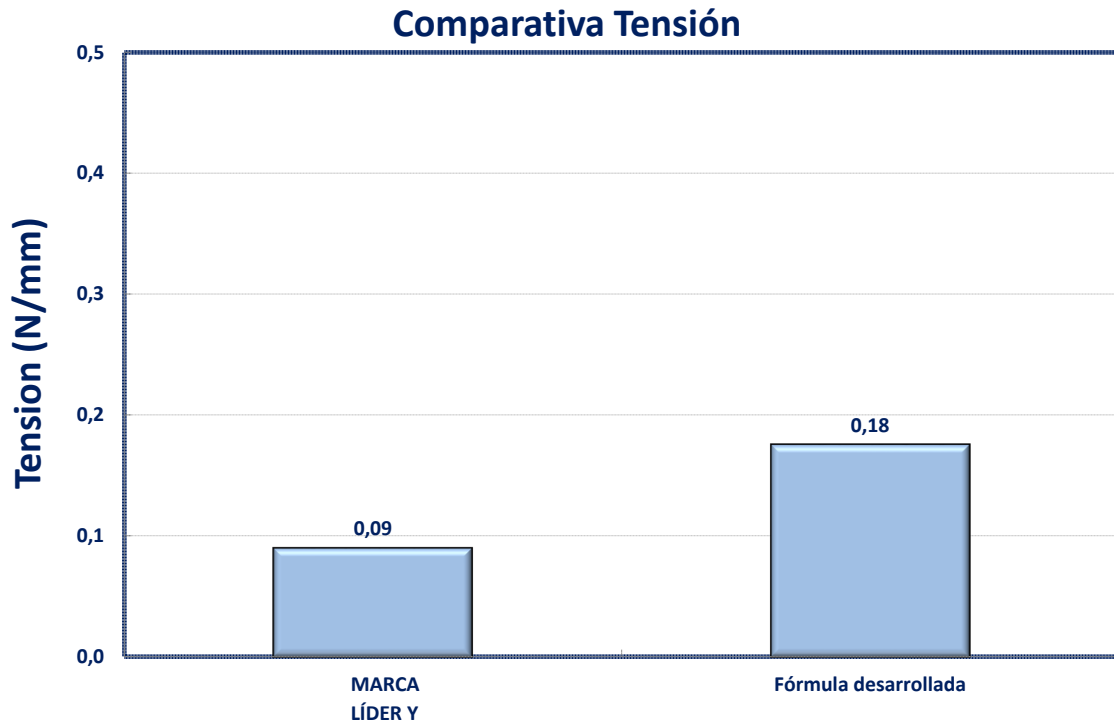


Ilustración 31. Tensión (normalización de la medida Peel Force) para ambas muestras.

De esta forma se obtiene una comparación normalizada, teniendo solo en cuenta la adhesión que presenta la cera sobre el non-woven, y evaluando la resistencia que presentan en igualdad de condiciones.

13.2.5. ADHESIVIDAD

Como ya se ha mencionado en capítulos anteriores, la adhesividad de la cera proporciona una idea de lo fuerte que la cera es capaz de adherirse a una superficie específica (como por ejemplo, la piel).

Es deseable que la cera presente una adecuada adhesividad, ya que esta influirá en la eficacia de la depilación. En este estudio, la adhesividad de cada fórmula se determinó usando el reómetro, y evaluando la cera pura (sin la influencia del sustrato).

El valor de la adhesividad proviene de la medición de la fuerza necesaria para separar una sonda específica (plato superior del reómetro) de la cera a una ciertas condiciones de vacío, superficie de contacto y la velocidad de separación. Esto se ensayó a una velocidad de 10 mm/s y a 25 °C, de manera arbitraria.

Para garantizar una adecuada repetitividad del ensayo, ya que una colocación deficitaria de la muestra provocaría grandes variaciones, el ensayo se realizó por triplicado.

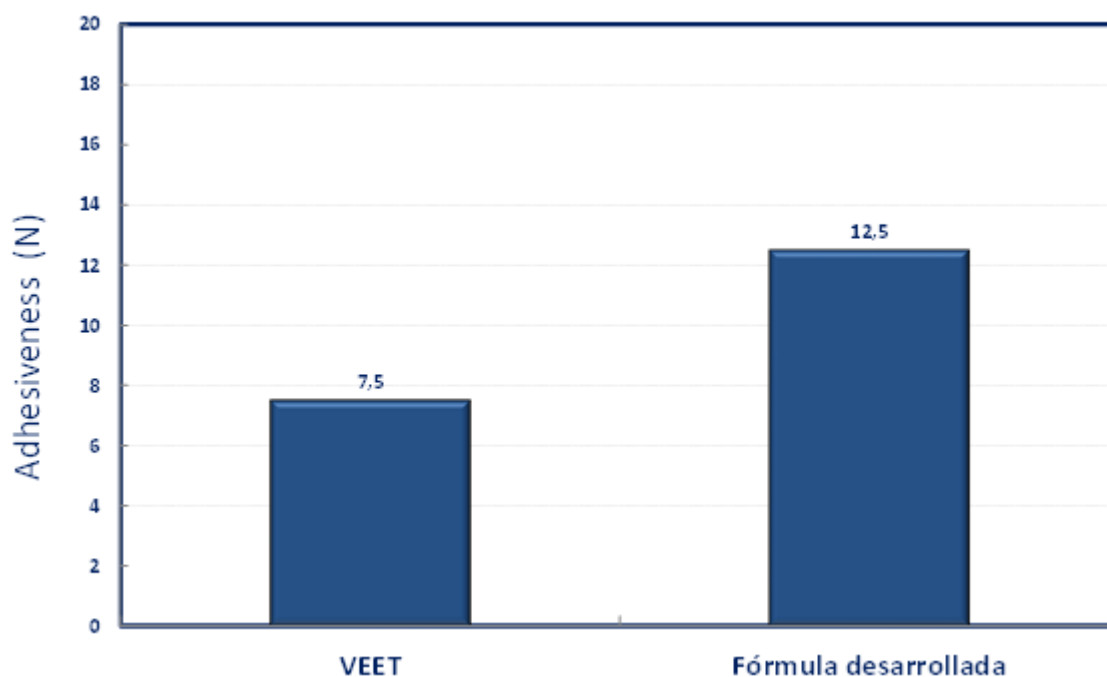


Ilustración 32. Adhesividad de ambas muestras, para las condiciones de ensayo determinadas.

Como se preveía una vez realizado el ensayo de Peel Force, la cera fría desarrollada también presenta mayor adhesividad. Este ensayo nos permite, evaluar solo la cera sin el sustrato o non-woven.

Este punto es muy importante, pues una cera con baja capacidad de adhesión, presenta peores resultados a nivel de usuario, es decir, eliminación del vello, eficacia, número de usos y *tack*.

Por tanto, se puede decir, que hemos obtenido una buena relación entre el Peel Force y la adhesividad de la cera, pues se ha conseguido una fácil apertura de la banda de cera y una adhesividad incluso mejor que la que presenta MARCA LÍDER Y.

13.2.6. ESPARCIMIENTO

Es un problema general que las bandas de cera debido a que algunos compuestos de la formulación (aceites, perfumes), se produzcan su difusión más allá de los límites iniciales de la zona de la cera con el tiempo, es decir que la cera se esparza más allá de su área inicial de dosificado.

La ilustración 33 muestra como se esparce una banda de cera, cuando se somete a altas temperaturas. La imagen pertenece al diseño de experimentos de 2,6 gramos y 74 por ciento de adhesivo.

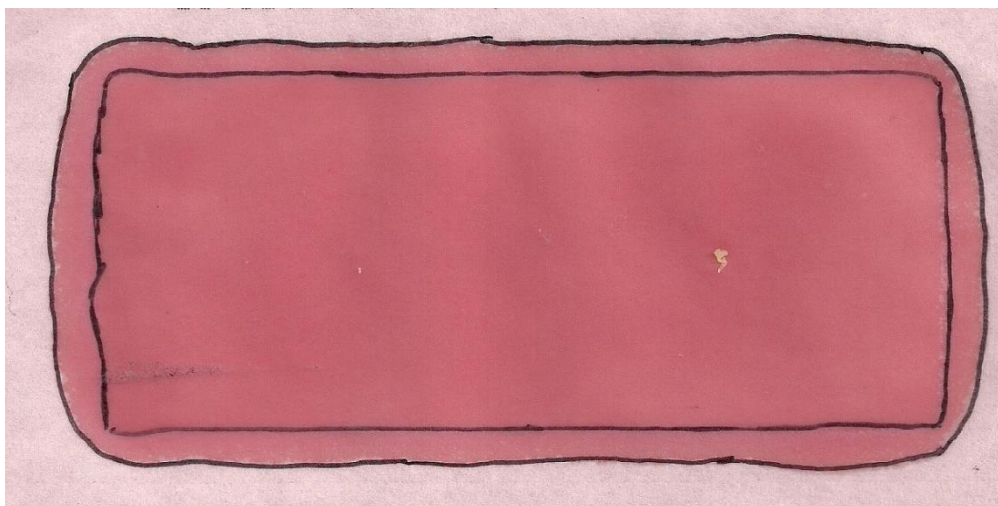


Ilustración 33. Banda sometida a un ensayo de esparcimiento.

El esparcimiento en bandas de cera es uno de los mayores inconvenientes que hay cuando se trata de estos productos. Se ve favorecida por las altas temperaturas.

Es de una gran importancia para evaluar la tendencia de una banda de cera fría tiene a esparcirse a ciertas temperaturas, como muy a menudo sucede en el envío de estos productos a países con temperaturas moderadamente altas. Obviamente, también depende de la difusión de material de la formulación y del sustrato.

	Esporcimiento (%)
Fórmula desarrollada	46,3
MARCA LÍDER (Y)	4,5

Tabla 36. Esporcimiento de ambas referencias.

Como se puede observar en la tabla 36, MARCA LÍDER Y apenas se esparce, siendo este su punto más fuerte de la caracterización. Se cree que el secreto de su nivel tan bajo de esparcimiento es el uso de sílice en su formulación, que provoca que se forme una red interna microscópica en la vela de la cera, evitando que esta se esparza.

El uso de sílice, está patentado por MARCA LÍDER Y, de ahí la imposibilidad de incluirlos en nuestra fórmula.

Aun así, el porcentaje obtenido por nuestra fórmula, es relativamente bajo, y excluyendo a MARCA LÍDER Y, se sitúa en la cabeza en este apartado frente a otros competidores, que presentan esparcimientos del orden del sesenta por ciento, y supone una mejora notoria respecto a fórmulas anteriores desarrolladas en la empresa.

13.2.7. SINGLE PRODUCT EVALUATION (SPE)

En la evaluación del producto, como ya se menciona anteriormente, se evalúa la apariencia, el uso y la efectividad.

	APARIENCIA	USO	EFFECTIVIDAD	PUNTUACIÓN
Fórmula desarrollada	9,5	10,0	8,0	8,9
MARCA LÍDER (Y)	9,4	9,7	7,9	8,7

Tabla 37. SPE de la fórmula desarrollada y MARCA LÍDER Y.

En la tabla 37 se exponen los resultados obtenidos. Es necesario recordar, que esta evaluación se hace con la mayor objetividad posible, y entre varias personas, para que el resultado sea lo más representativo posible. Se podría decir que se sigue un procedimiento similar a una “cata” en la industria alimentaria.

Como se expone en los datos obtenidos en el SPE, el hecho de poseer un non-woven de mejor aspecto, más fibroso y opaco, hacen que la formula desarrollada presente mejor aspecto que MARCA LÍDER Y.

En cuanto al uso y a la efectividad, la puntuación más alta se debe a la mayor adhesividad presentada por la fórmula desarrollada para este proyecto, que hace que en los apartados más importantes del SPE, obtengan mayor puntuación que MARCA LÍDER Y, y por tanto una puntuación final mayor

De los resultados se obtiene que ambas muestras son de gran calidad, de ahí las pequeñas diferencias que muestran en su evaluación.

13.3. CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA DE LA CERA DESARROLLADA

Una vez realizada la caracterización física de la cera, en aspecto básico como son Peel Force, esparcimientos, SPE, adhesividad, INCI y sustrato; a continuación se pretende analizar reológicamente la cera desarrollada y compararla con la cera de MARCA LÍDER Y.

Para ello, se expondrán las gráficas obtenidas en los ensayos reológicos. El fundamento de estos ensayos está recogido en el Anexo IV del “**Anexo de la Experimentación**”, así como todos los conceptos claves para entender el estudio.

En primer lugar, analizaremos reológicamente la cera que se desarrolla en este proyecto, para posteriormente compararlo con la cera fría de MARCA LÍDER Y.

13.3.1. ENSAYOS OSCILATORIOS

- BARRIDO DE AMPLITUD

Este ensayo tiene como objetivo determinar cuánto se puede deformar una muestra antes de que se produzca la rotura interna de su estructura, y deje de encontrarse en régimen viscoelástico. Es decir se pretende determinar el *régimen lineal viscoelástico (LVER, sus siglas en inglés)*.

Este ensayo es muy importante, y es el primero que se debe realizar en una caracterización reológica, pues permite determinar el porcentaje de deformación que soporta la muestra, para realizar los posteriores ensayos oscilatorios, en este caso el barrido de frecuencia.

El control utilizado para realizar el ensayo es *control shear rate* o control por deformación.

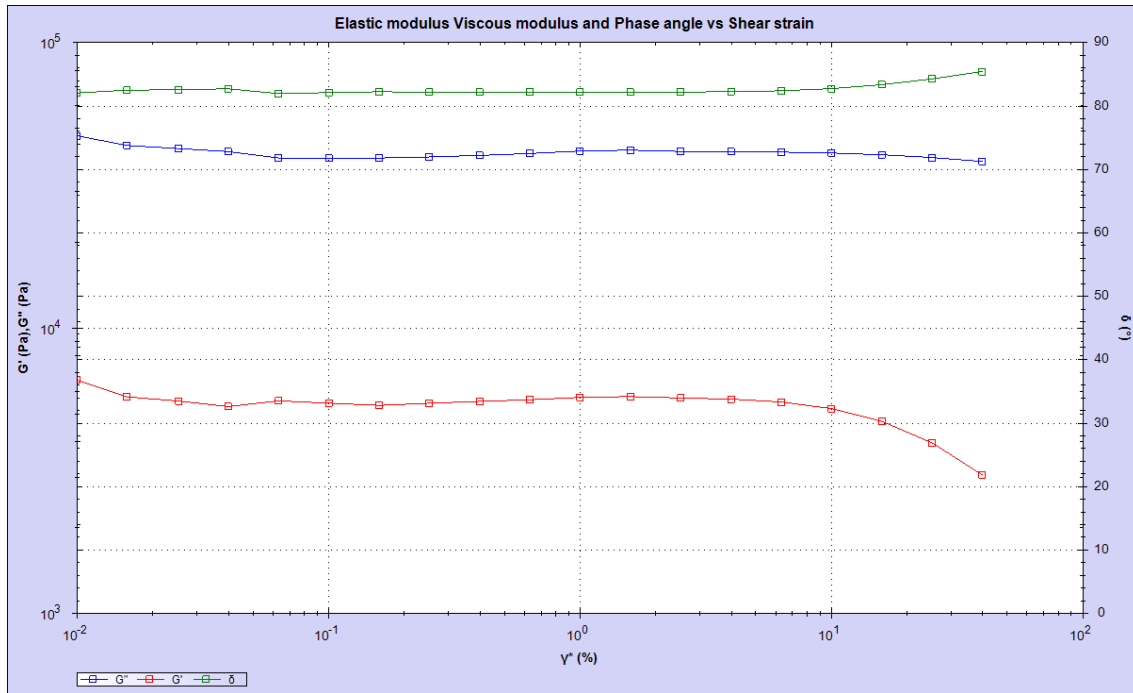


Ilustración 34. Barrido de amplitud de la cera fría desarrollada.

En la ilustración 34, se representa el barrido de amplitud obtenido para la cera desarrollada.

En la gráfica se representan los módulos elástico (G'), viscoso (G'') y el ángulo de fase (δ), frente al porcentaje de deformación; donde G' es la línea roja, G'' la línea azul y δ es la línea verde (formato que se mantendrá para posteriores gráficas).

La región viscoelástica de la muestra se produce cuando los dos módulos y por tanto el ángulo de fase son rectas paralelas al eje X.

De este modo, la región viscoelástica es la representada en la ilustración 35.

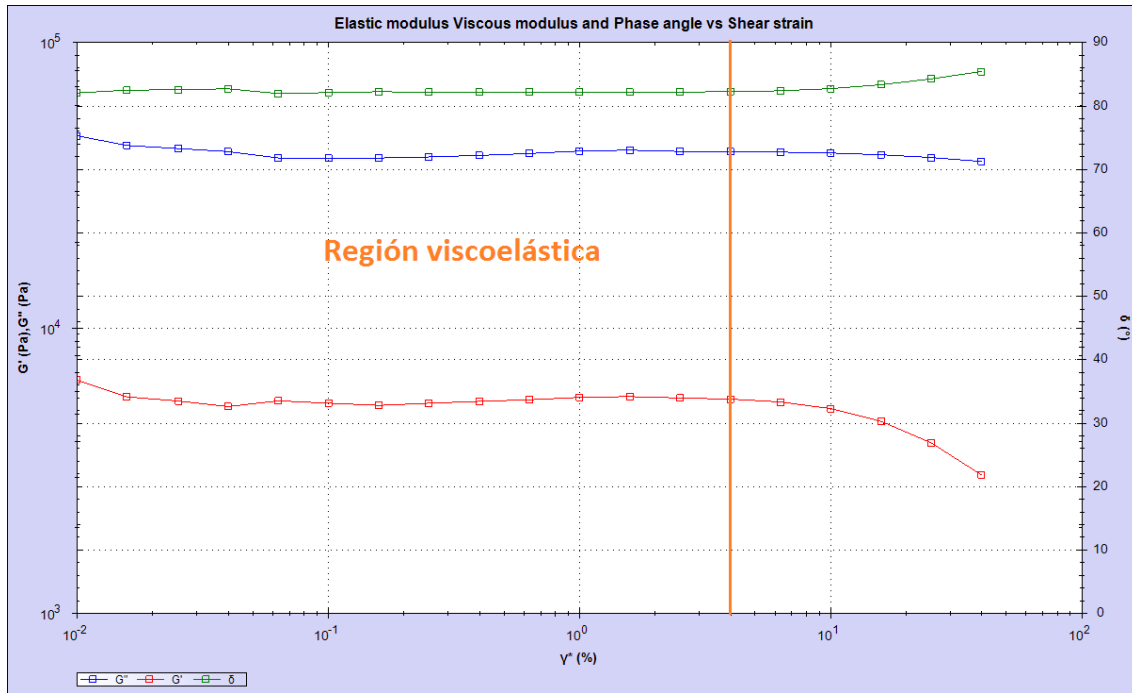


Ilustración 35. Determinación de la región viscoelástica (LVER) de la cera desarrollada.

Como se observa en la ilustración 35, la región viscoelástica de la cera desarrollada se encuentra entre el 0 y 4 por ciento de deformación. Esto significa que la cera se puede someter a esfuerzo de oscilación que no le suponga una deformación mayor a la calculada, recuperándose cuando este esfuerzo cese. En caso de que la muestra se encuentre fuera de esta región, la muestra queda deformada permanentemente.

- BARRIDO DE FRECUENCIA

Este ensayo sirve para determinar cómo se comporta la cera a nivel microscópico, cuando es sometido a esfuerzos de cizalla. En él también se permite prever la consistencia de las muestras, la rigidez que presentan, incluso si son estables dichas formulaciones en el tiempo, o por el contrario, se producen alteraciones en ellas.

De la realización de este ensayo, se obtienen dos gráficas, que son las recogidas por las ilustraciones 36 y 37.

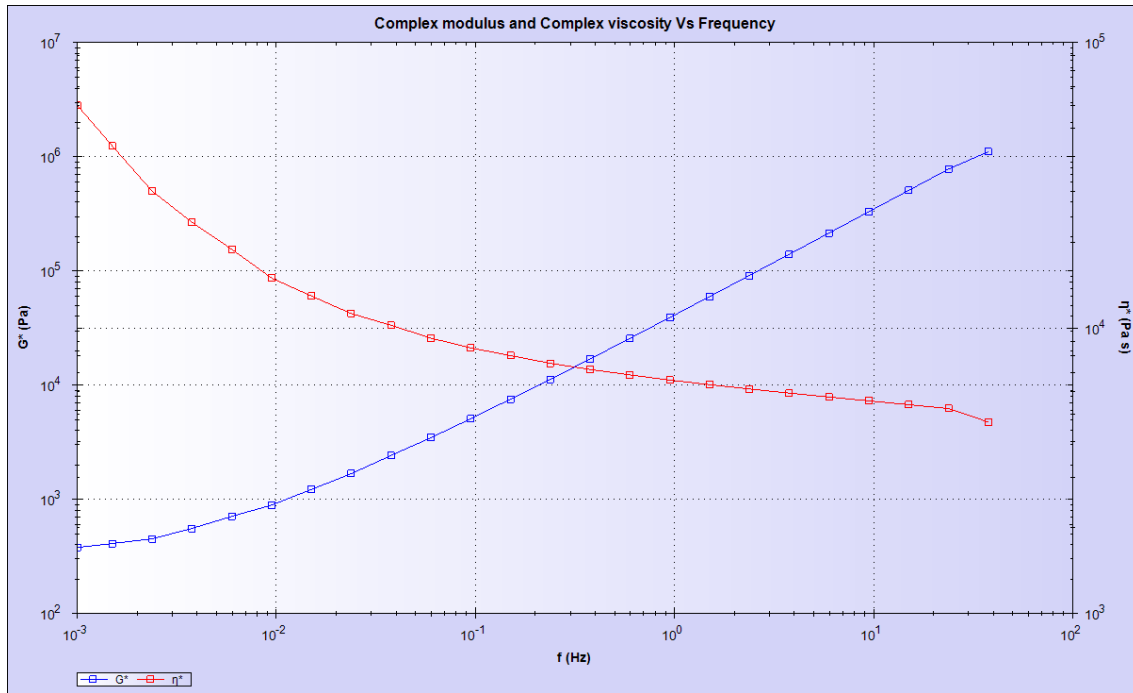


Ilustración 36. Barrido de frecuencia. Representación del módulo complejo (G^*) y de la viscosidad compleja (η^*).

La ilustración 36, representa el módulo complejo (G^*) y la viscosidad compleja (η^*). La viscosidad compleja, nos permite conocer que viscosidad tiene la muestra, en este caso la cera desarrollada, desde frecuencias muy altas, hasta frecuencias muy pequeñas.

Como se observa, la viscosidad de la cera disminuye al aumentar la frecuencia de oscilación notablemente, pues se está sometiendo a un mayor esfuerzo, indicando así el carácter pseudoplástico de este tipo de productos. Al aumentar el esfuerzo la viscosidad disminuye.

Por otro lado, el módulo complejo aumenta durante todo el barrido de frecuencia, lo que indica, el paso de un comportamiento viscoso a frecuencias altas, a un comportamiento intermedio entre sólido elástico y viscoso newtoniano a frecuencias muy bajas. Este análisis es más fácil de realizar si se observa con detenimiento la ilustración 37, pues muestran las componentes que componen el módulo complejo.

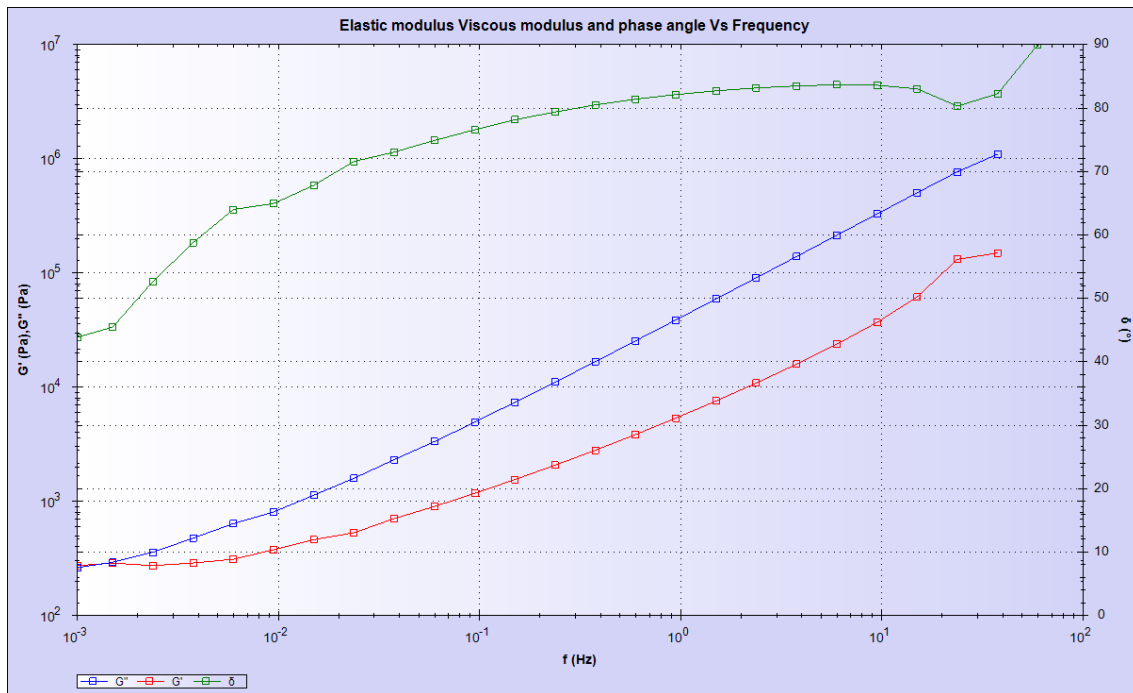


Ilustración 37. Barrido de frecuencia. Representación de los módulos elástico y viscoso, y el ángulo de fase.

Así, si evaluamos al mismo tiempo tanto los módulos elástico (G'), viscoso (G'') y ángulo de fase (δ), se observa que a frecuencias altas, el módulo viscoso es muy superior al elástico, y por tanto el ángulo de fase se encuentra entre 80 y 90 grados. Esto indica un comportamiento viscoso de la muestra, pues si recordamos, cuando δ es 90 grados, el comportamiento es puramente fluido viscoso newtoniano.

A medida que la frecuencia disminuye, las diferencias entre módulos se hacen menor, hasta el punto que a frecuencias en torno a 10^{-3} Hz, los módulos se igualan, y el ángulo de fase desciende hasta los 45 grados. Esto indica que a esas frecuencias de oscilación tan bajas, la cera que hemos desarrollado tiene un comportamiento puramente viscoelástico sólido.

En apartados posteriores, se comparará estos resultados con los obtenidos para la cera de MARCA LÍDER Y, y evaluaremos aspectos antes mencionados, como son la rigidez de la propia cera, la consistencia que esta muestra, y la propia estabilidad que presenta la muestra, durante el desarrollo de este ensayo de frecuencia.

13.3.2. ENSAYOS ROTATORIOS

- CURVA DE FLUJO

En este ensayo de rotación, se pretende medir la viscosidad de la cera, cuando el plato superior del reómetro gira respecto al inferior.

Este ensayo se realiza mediante un control de la velocidad de deformación de la muestra (*shear rate control*), y por tanto el ensayo oscila entre un *shear rate* de 10^{-4} s^{-1} y 10^4 s^{-1} .

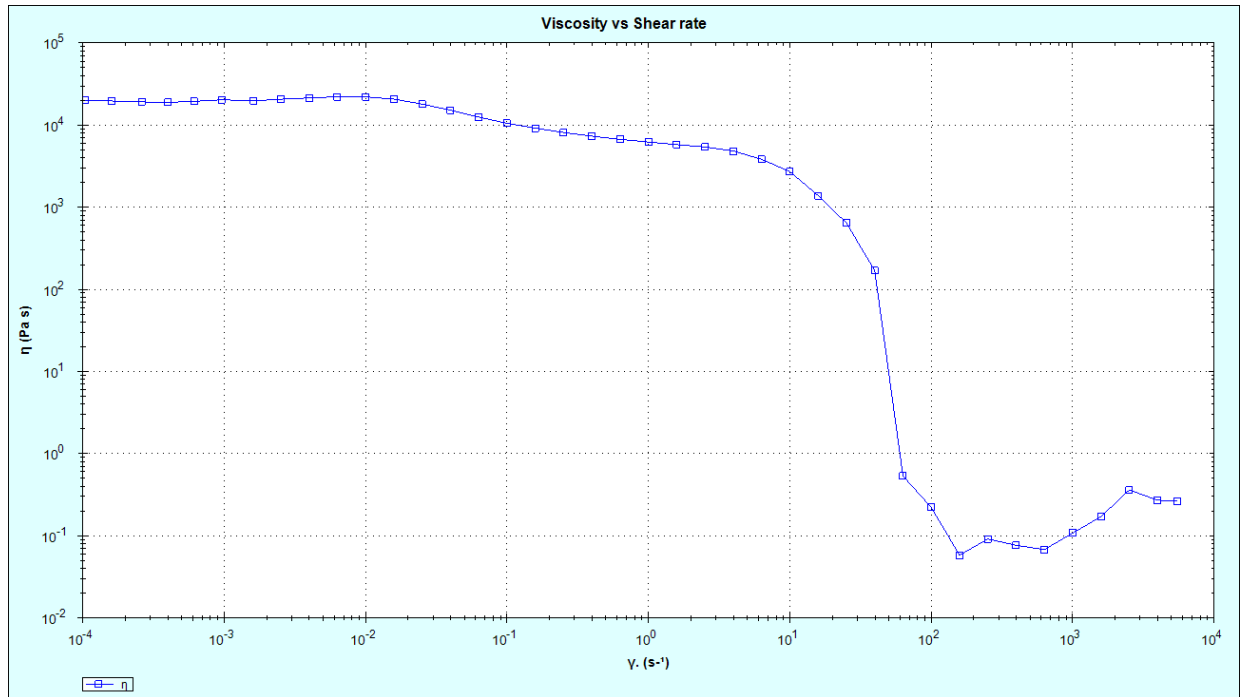


Ilustración 38. Curva de flujo de la cera fría desarrollada.

La ilustración 38, representa la curva de flujo que se obtiene para la cera desarrollada en este proyecto. En ella se determina, que a velocidades de deformación muy pequeñas, es decir, cuando la muestra se encuentra prácticamente en reposo, la viscosidad de la cera desarrollada a 25°C se sitúa en torno a los 20 mil $\text{Pa}\cdot\text{s}$.

A esta primera región de la curva paralela al eje X, se le denomina *zero viscosity*, e indica la viscosidad en reposo de la muestra (viscosidad cero). Al ser un fluido pseudoplástico, la viscosidad en realidad siempre descende con el aumento de shear rate, pero a shear rate muy bajos, la diferencia es más pequeña.

A medida que aumenta la velocidad de deformación del ensayo, la viscosidad se verá modificada (fluido pseudoplástico, descenderá la viscosidad). Se conoce como *shear thinning* al descenso de viscosidad que se produce en un fluido pseudoplástico debido al aumento progresivo del shear rate.

Entre 10 y 100 s^{-1} se produce un descenso brusco de la viscosidad e indica una rotura de la estructura interna de la muestra, mostrando así menor resistencia a fluir, y es por eso el descenso tan acentuado de la viscosidad.

Este ensayo, es útil para conocer la viscosidad en reposo de la muestra, y el comportamiento que esta adquiere, al aumentar la velocidad de deformación, y por tanto deformarse.

Otro aspecto importante aquí, y que se comprobará más adelante, es el carácter pseudoplástico de las ceras, y en concreto de esta, pues además de comprobarlo posteriormente representado esfuerzo de cizalla frente a velocidad de deformación, y comprobando si la curva generada es una línea recta (newtoniano) con una determinada pendiente, o si esa recta se curva con el aumento de esfuerzo aplicado (pseudoplástico).

En este ensayo ya realizado observamos que la viscosidad disminuye conforme aumenta la velocidad de deformación, indicando el carácter pseudoplástico de las ceras, las cuales a velocidades de deformación bajas son newtonianos, pues la viscosidad se mantiene constante. El carácter pseudoplástico ya lo preveíamos en el barrido de frecuencia.

- YIELD POINT O YIELD STRESS

El ensayo de *yield point o yield stress* determina el esfuerzo necesario a aplicar a una muestra para que esta empiece a fluir (punto de flujo).

Así, la muestra se somete a un barrido de esfuerzo en el que se evalúa la viscosidad, para determinar el punto en el que la muestra fluye, que se produce cuando se encuentra el máximo de viscosidad.

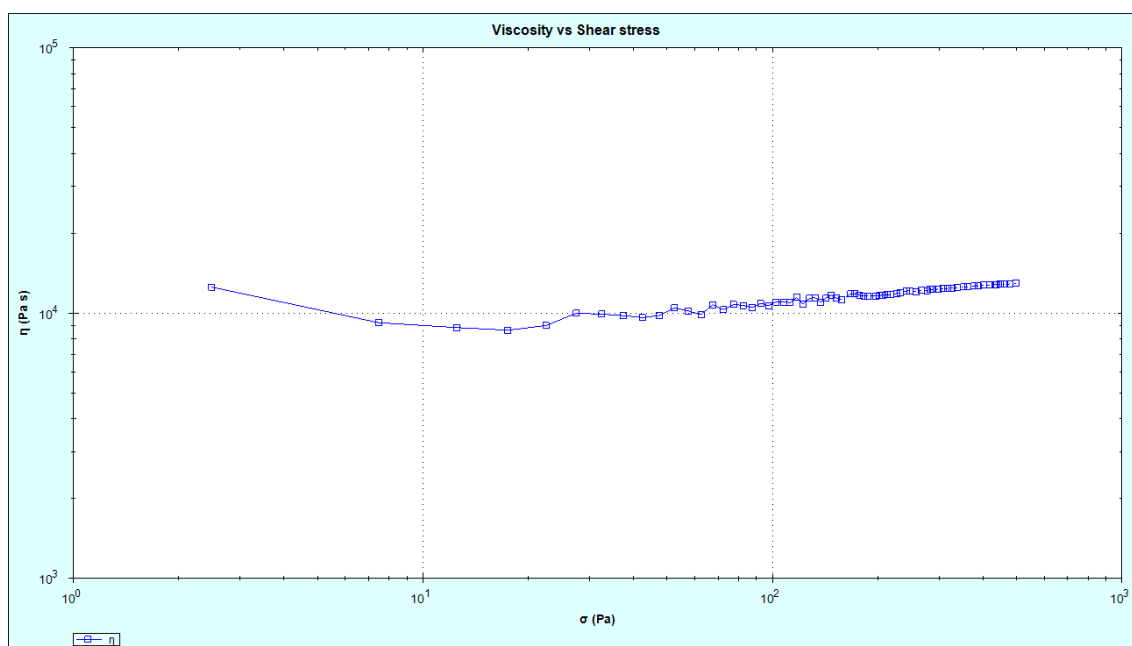


Ilustración 39. Determinación del yield point de la cera desarrollada.

En la ilustración 39, se observa que la viscosidad no alcanza ningún máximo, esto indica que el esfuerzo no tiene que romper ninguna resistencia para que la cera fluya. Por tanto, la cera fluye instantáneamente, y su *yield point o yield stress* son cero. La cera fluye instantáneamente. Esto se comprueba si volcamos un tarro con cera, o una cuchara, la cera fluirá instantáneamente.

- ENSAYO TRIOTROPÍA

El ensayo de tixotropía, como su nombre indica, sirve para conocer si la muestra tiene comportamiento tixotrópico muy acentuado, o si por el contrario es muy poco tixotrópica.

Antes de evaluar la tixotropía, se comprobará que las ceras, y en este caso la desarrollada en el presente proyecto es un fluido pseudoplástico, como antes mencionábamos. Para ello, representamos el esfuerzo de cizalla (shear stress) frente a la velocidad de deformación (shear rate), y comprobamos su comportamiento, comparándolo con la bibliografía.

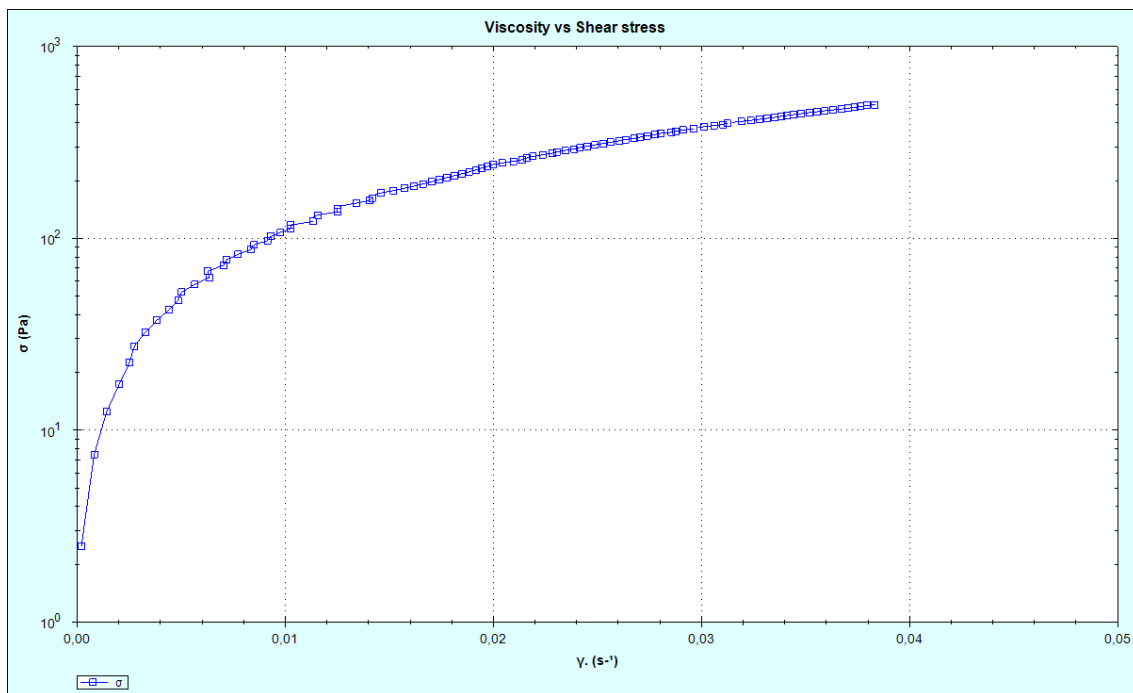


Ilustración 40. Determinación del carácter pseudoplástico de la cera desarrollada.

Comprobado que este fluido es pseudoplástico, comprobaremos su grado de tixotropía para conocer la velocidad de recuperación de la estructura tras someterlo a un esfuerzo brusco y repentino.

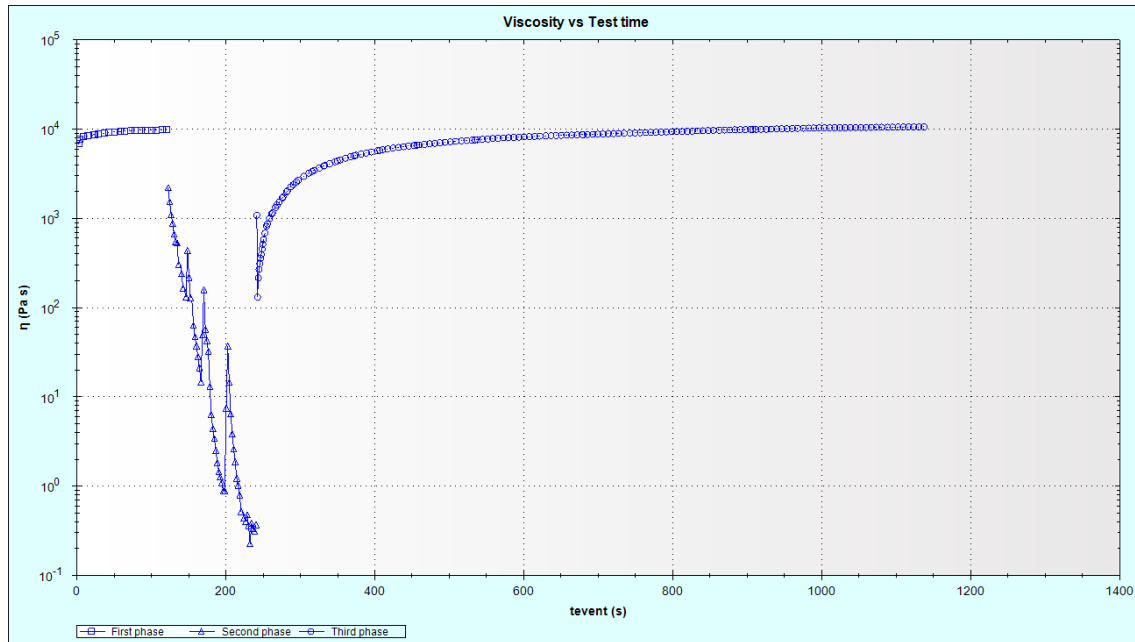


Ilustración 41. Ensayo tixotropía de la cera desarrollada.

La ilustración 41 muestra el ensayo de tixotropía de la cera desarrollada. En él se puede observar las tres fases de las que consta.

De este ensayo se extrae que, una vez sometida la muestra a un esfuerzo brusco (segunda fase), esta se recupera progresivamente, lo que indica que la cera desarrollada es tixotrópica.

Posteriormente, se compara con la cera de MARCA LÍDER Y, para determinar cuál de las dos posee mayor grado de tixotropía, y por tanto necesitan más tiempo para recuperar su estructura.

- BARRIDO DE TEMPERATURA

El barrido de temperatura, es un ensayo útil que permite conocer la viscosidad de la cera desarrollada a diferentes temperaturas. Este ensayo nos proporcionará además de una comparativa con MARCA LÍDER Y como referencia de mercado, datos de viscosidades útiles para el desarrollo y diseño de la instalación.

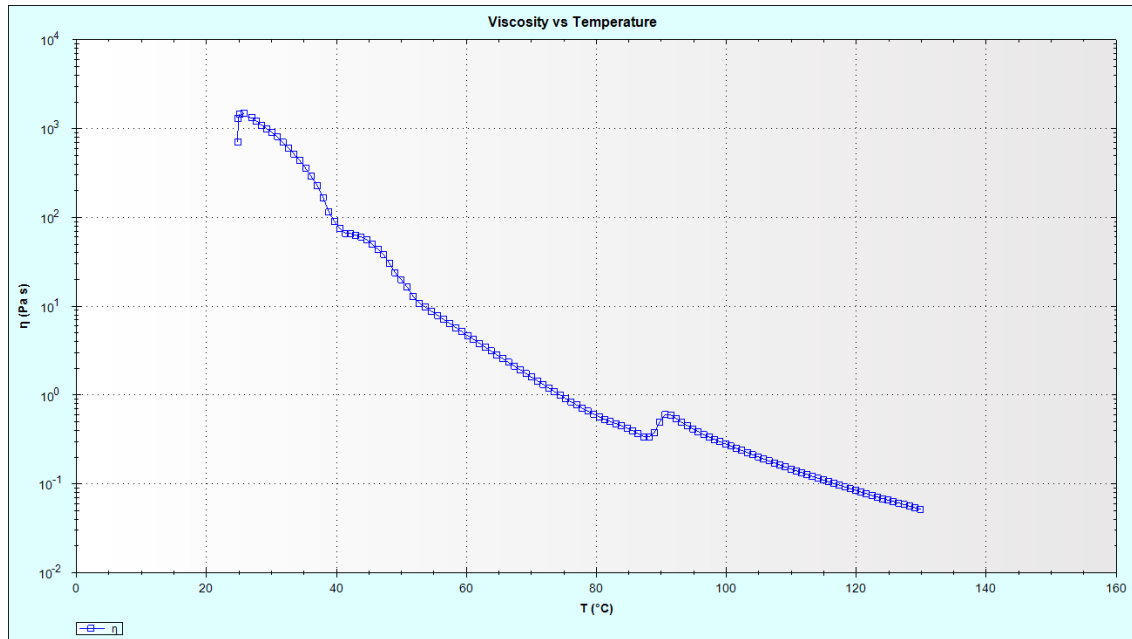


Ilustración 42. Barrido de temperatura de la cera desarrollada.

La ilustración 42 representa el barrido de temperatura obtenido en el reómetro para unas determinadas condiciones de ensayo:

- Velocidad de deformación constante de 90 s^{-1} .
- Velocidad de giro del plato de 60 rpm.
- Temperaturas de 25 a 130 °C.

Estas condiciones se asemejan a las medidas de calidad que se realizan para la comprobación de la viscosidad, las cuales se realizan mediante viscosímetro rotatorio.

Es por ello, que este ensayo no se obtiene la misma viscosidad a 25 °C, ya que a muestra se somete a una velocidad de deformación muy alta, que los ensayos anteriores, pero nos resulta de gran utilidad para conocer la viscosidad a 90 °C, temperatura a la que se realiza el control de calidad y a la que las bombas deberán impulsar el fluido a través de las tuberías, para la descarga, y cuya viscosidad será tomada como referencia para las materias primas fundidas, ya que dichas materias primas a 90 °C tienen una viscosidad del mismo orden de magnitud; y a 100-110 °C, que permite conocer la viscosidad de la cera en el interior del tanque, durante su agitación (60 rpm).

Así, las viscosidades que nos interesan de este ensayo son:

Temperatura (°C)	Viscosidad (Pa·s)	Viscosidad (cP)
90	0.7	700
100	0.2	200
110	0,15	150

Tabla 38. Viscosidad de la cera desarrollada a 90, 100 y 110 °C.

Como se extrae de la tabla 38, las viscosidades de la cera a esas temperaturas son muy pequeñas, y por tanto no se necesitaran grandes bombas para la impulsión, ni grandes impulsores para la agitación de la misma.

13.4. COMPARACIÓN REOLÓGICA DE LA FÓRMULA DESARROLLADA CON MARCA LÍDER Y

Este apartado pretende conocer la situación reológica en la que se encuentra nuestra formulación con respecto a MARCA LÍDER Y, como marca líder del mercado, para determinar los aspectos en los que la fórmula que se ha desarrollado es mejor, y en cuáles se debe mejorar, para alcanzar un producto excelente.

A continuación se va a seguir el mismo esquema y distribución que en el apartado anterior, y se sacarán conclusiones de la comparación de ambas ceras.

13.4.1. ENSAYOS OSCILATORIOS

- BARRIDO DE AMPLITUD

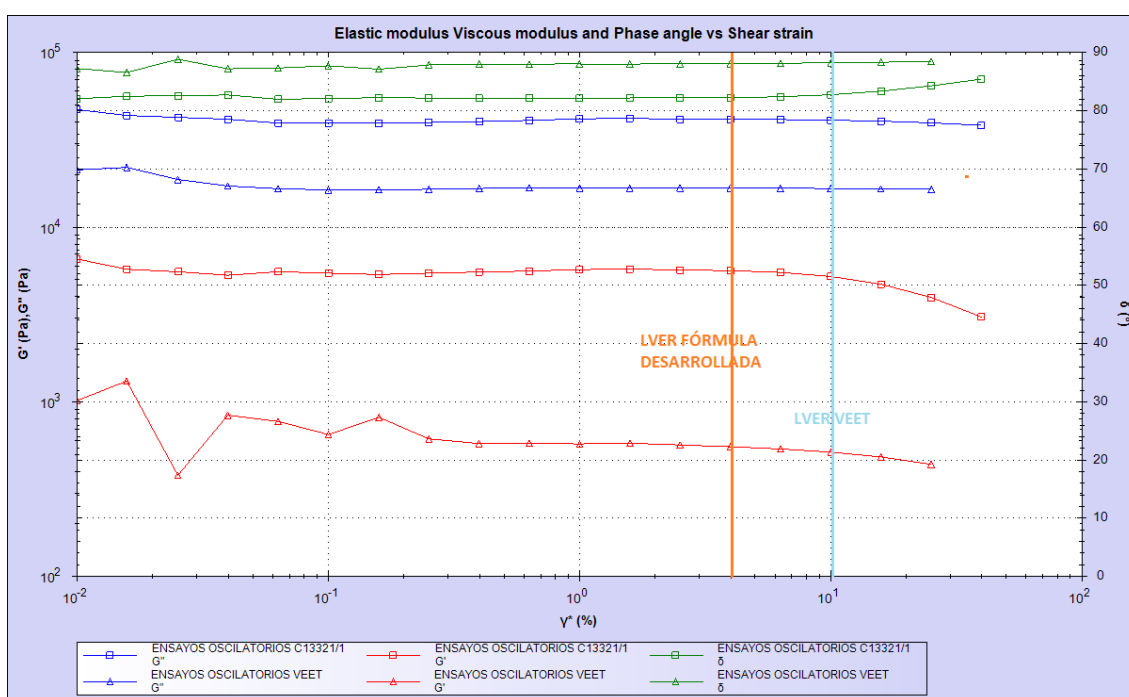


Ilustración 43. Comparativa barrido de amplitud.

En la ilustración 43, si eliminamos el ruido inicial de la medición para ambas muestras, y suponemos que son rectas paralelas al eje X, se observa que la región viscoelástica de la cera de MARCA LÍDER Y se sitúa entre el 0 y el 10 % de deformación, mientras que como vimos anteriormente, para la cera desarrollada en EMPRESA X para este proyecto, la deformación máxima permitida se sitúa en el 4 %.

De este resultado se concluye, que la cera de MARCA LÍDER Y soporta una mayor deformación antes de que se rompa su estructura interna, esto quiere decir que, la muestra de la cera de MARCA LÍDER Y, se le puede aplicar mayor amplitud en el recorrido de la oscilación que en la fórmula que se ha desarrollado. La cera fría de MARCA LÍDER Y posee mayor grado de viscoelasticidad.

Para la comparación en el barrido de frecuencia, se selecciona como deformación para ambas referencias, un uno por ciento de deformación máxima permitida durante la realización del ensayo, de forma que se puedan comparar ambos resultados.

- BARRIDO DE FRECUENCIA

En este aparatado se pretende evaluar y comparar:

- La rigidez que presenta cada cera, ya que esta influirá en el producto terminado, obteniéndose bandas más o menos rígidas. Para este caso, interesa que la banda no sea rígida, y presente cierta flexibilidad.
- La consistencia, que viene determinado por la propia rigidez.
- La estabilidad en el tiempo.
- Comportamiento viscoelástico.

Para ello, se tiene representado en la ilustración 44 los módulos elástico (G'), viscoso (G'') y ángulo de fase (δ), que ambas referencias poseen, y que a continuación vamos a estudiar.

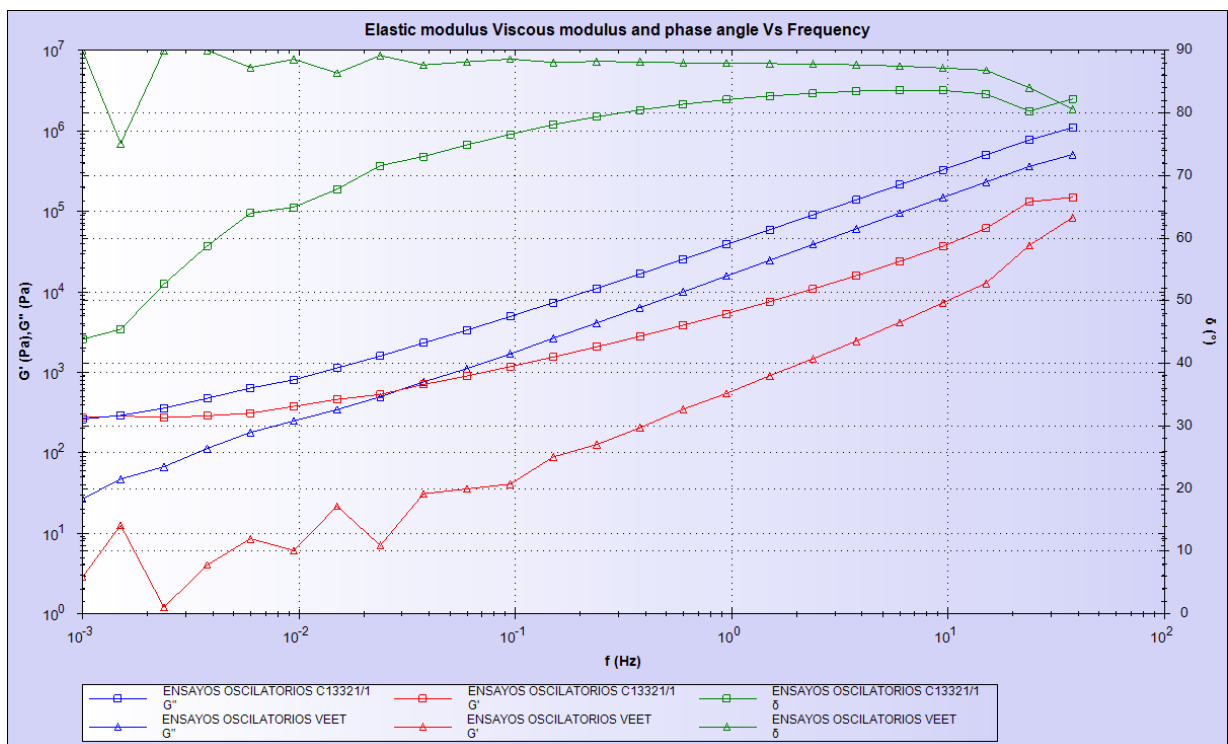


Ilustración 44. Barrido de frecuencia comparativo.

- Rigidez de la cera.

Esta propiedad viene determinada por el valor que el módulo elástico (G') presente a lo largo del ensayo. Así, un módulo elástico mayor, indica un comportamiento más sólido elástico, por tanto menos viscoso.

Durante todo el barrido de frecuencia, desde 100 Hz hasta 10^{-3} Hz, el módulo elástico de la cera desarrollada es mayor que la de MARCA LÍDER Y, y por tanto más rígida, aspecto que se puede comprobar palpando ambas bandas.

- Consistencia.

Está relacionada con la propia rigidez, una cera más rígida, presenta mayor consistencia. Por tanto nuestra cera presenta mayor consistencia. Este hecho se observa en las bandas dosificadas.

- Estabilidad.

Este punto es quizás el más importante, pues nos permite prever cómo evolucionará una banda de cera con el tiempo. Es decir, permitirá que conozcamos sin necesidad de realizar un test de estabilidad de varios años, si estas ceras se secan con el tiempo y dejaran de ser utilizables.

Para evaluar este aspecto es importante que entendamos que a medida que la frecuencia disminuye, el periodo, o sea el tiempo aumenta, es aquí donde se evalúa la estabilidad en el tiempo.

A frecuencias muy bajas, donde el periodo es mayor, y por tanto el tiempo también lo es, se evalúa el comportamiento de los módulos elástico y viscoso.

Si a estas frecuencias tan bajas, el módulo elástico se cruza con el viscoso, de forma que G' pasa a ser mayor que G'' , indican que la banda se volverá rígida con el tiempo, pues se pasa de un comportamiento viscoso que tiene la cera durante los primeros meses de su vida, a un comportamiento más rígido y por tanto más sólido elástico que al principio.

Así, para nuestro desarrollo se observa que se produce tal cambio en la tendencia de los módulos, y por tanto su estabilidad en el tiempo será peor. Este ensayo no nos permite calcular en que tiempo se producirá tal aumento de la rigidez de las bandas, pero sí que esto sucederá con el tiempo, mientras que para la cera de MARCA LÍDER Y, esto no sucede.

En ensayos de estabilidad de años de otras fórmulas desarrolladas en la empresa, se comprueba que esto sucede entre los dos y tres años, y que no siempre tiene por que suceder.

Este dato nos sirve para prever y comprobar que esto suceda mediante test de estabilidad, pero no que surja con total seguridad. Ya que como dijimos, el aumento de rigidez y secado de las bandas se produce por una oxidación del producto, aspecto que evitamos con la adicción de antioxidantes a la fórmula.

- Comportamiento viscoelástico de las ceras.

Este aspecto lo evaluamos, además de comparando módulos, comparando el ángulo de fase, el cual es mayor para MARCA LÍDER Y, entorno a 88° , disminuyendo su valor muy poco a medida que disminuye la frecuencia. Mientras que la cera desarrollada muestra un menor ángulo de fase, y un descenso más notorio de su valor a bajas frecuencias, indicando así un mayor comportamiento sólido. Por tanto MARCA LÍDER Y tiene un comportamiento estructural más viscoso y menos elástico que nuestro desarrollo.

13.4.2. ENSAYOS ROTATORIOS

- CURVA DE FLUJO

En la ilustración 45, se representa las curvas de flujo de ambas referencias, tanto de la cera que se desarrolla en este proyecto, así como la desarrollada por la marca MARCA LÍDER Y.

En ella se observa que, la viscosidad en reposo de la de MARCA LÍDER Y es menor que la que presenta la desarrollada en este proyecto, su *zero viscosity* es menor.

También se extrae de este análisis que MARCA LÍDER Y posee un *shear thinning* mayor, esto quiere decir que soporta un mayor esfuerzo antes de romper su estructura interna, como se observó en el barrido de amplitud.

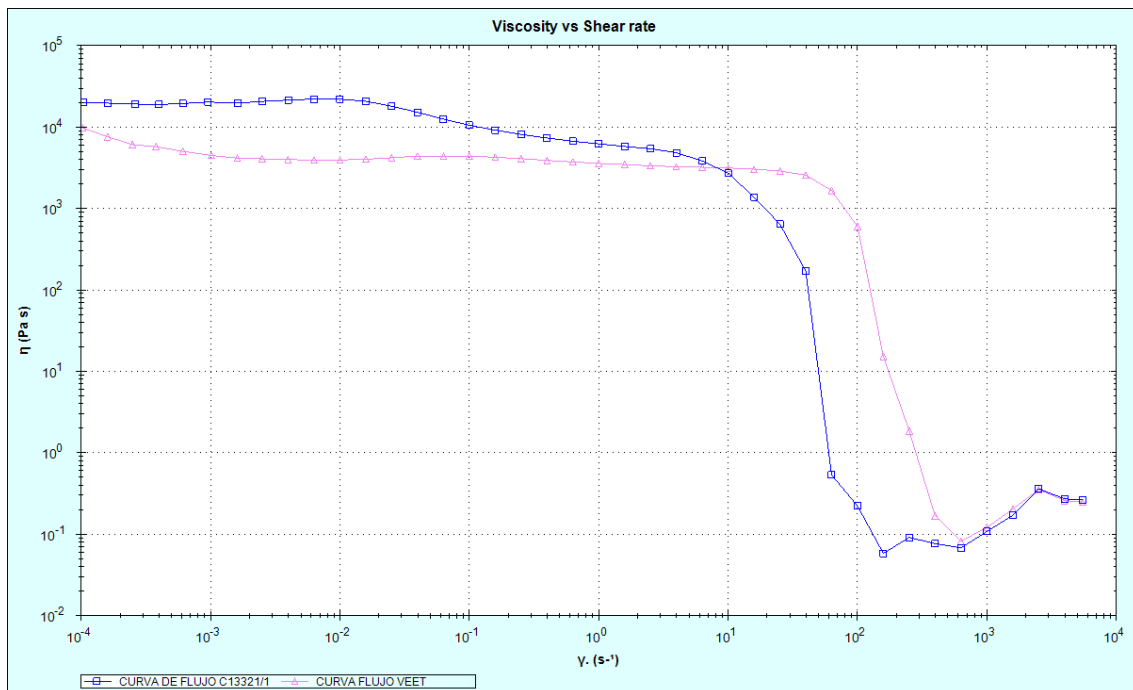


Ilustración 45. Curva de flujo de ambas muestras.

Por tanto este ensayo, nos indica que MARCA LÍDER Y posee una menor viscosidad en etapas en la que la cera está en reposo, pero sin embargo presenta un *shear thinning* más acentuado a mayor shear rate que nuestra formulación. Esto indica que la cera de cera fría de MARCA LÍDER Y soporta un shear rate más elevado, es decir mayor velocidad de deformación antes de romper su estructura interna, que se produce el descenso brusco de la viscosidad.

- YIELD POINT O YIELD STRESS

Como se menciona anteriormente, el *yield point* es el esfuerzo necesario para que la cera comience a fluir, y como se observa en la ilustración 46, ninguna de las dos referencias muestran *yield point* o punto de flujo, por lo que ambas fluyen instantáneamente; o lo que es lo mismo, al aplicar un esfuerzo de corte infinitesimal, ambas responden instantáneamente con una velocidad de deformación, también infinitesimal, pero existente.

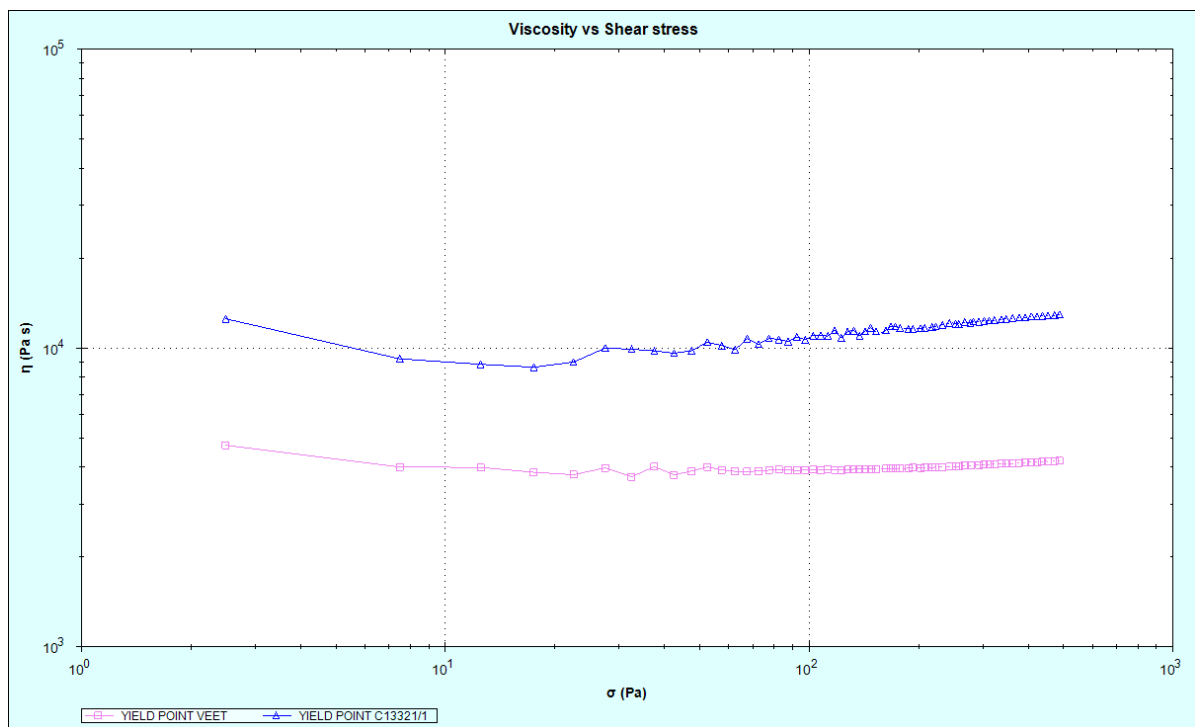


Ilustración 46. Yield point de las muestras analizadas.

- TRIOTROPÍA

En la comparación del ensayo de tixotropía se extrae que la cera desarrollada para el presente proyecto, tiene un carácter menos tixotrópico, pues su recuperación es progresiva, pero en menor tiempo, que la cera que comercializa MARCA LÍDER Y.

Esto se extrae de la ilustración 47, donde se representan las tres fases de las que consta este ensayo para cada una de las referencias. Así MARCA LÍDER Y es representada por las curvas en color rosa, y nuestra fórmula, por las curvas en color azul.

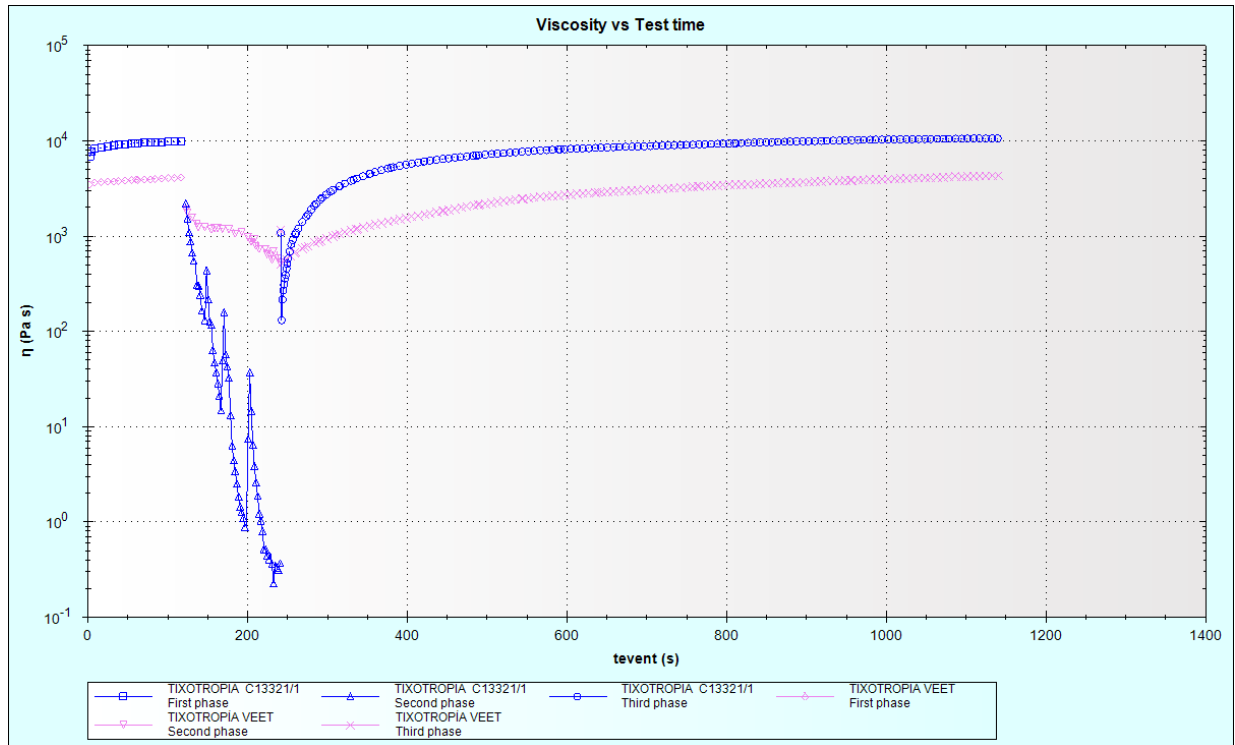


Ilustración 47. Ensayo tixotropía de ambas referencias.

Que nuestra cera tenga un carácter menos tixotrópico implica en primer lugar, que el tiempo de espera para realizar un ensayo tras colocar la muestra es menor. Es decir, acortamos los tiempos de análisis.

Por otro lado, cuando estas ceras son aplicadas, en el uso para las cual son diseñadas, una recuperación más rápida implica mejores condiciones para la depilación, ya que una banda se puede aplicar varias veces, y en cada tirón son deformadas, si su recuperación es más rápida, en mejores condiciones depilarán las reutilizaciones de la banda.

- BARRIDO DE TEMPERATURA

En la ilustración 48, se representa el barrido de temperatura realizada a ambas ceras.

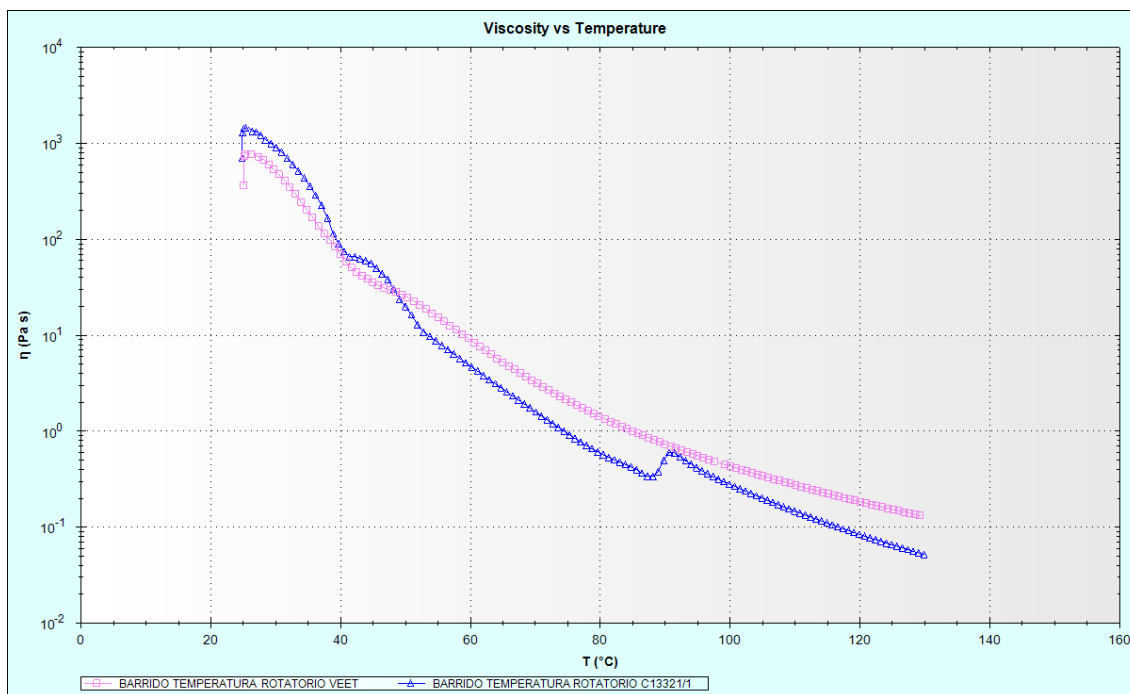


Ilustración 48. Barrido de temperatura de ambas muestras.

Este ensayo es importante, pues como ya se apuntó antes, en el análisis individual de nuestra cera, es importante conocer las viscosidades que la cera tiene a diferentes temperaturas, para predecir la resistencia que opondrán en las etapas de fabricación, bombeo, agitación, etc.

Como se observa en la ilustración 48, y se ha podido comprobar en otros ensayos, a temperatura ambiente, 25 °C, hasta los 50 °C aproximadamente, la cera desarrollada para este proyecto es más viscosa.

Sin embargo, cuando la temperatura aumenta, a partir de 50 °C, la viscosidad de la cera nuestra es inferior en todo el rango estudiado, esto es hasta los 130 °C.

Esto quiere decir, que la cera que se ha desarrollado, durante las etapas de agitación en el reactor, cuando se están fabricando, así como el bombeo de la misma desde el tanque de agitación hasta los tanques de almacenamiento, necesitan menor esfuerzo, por tanto menor potencia de los motores y bombas que la impulsa o agita.

Este punto es importante, pues de aquí se obtienen las viscosidades a diferentes temperaturas para el diseño de la instalación, que en apartados posteriores se tratará.

13.5. CONCLUSIONES

- Del sustrato utilizado.

La utilización del non-woven elegido para el desarrollo de la fórmula, aporta mejor apariencia a las bandas depilatorias. El aspecto microscópico más compacto, asegura mejor apariencia debido a una distribución más estrecha de las fibras del non-woven mostrando una menor tendencia a ser afectado por las burbujas de aire y puntos blancos durante el proceso de dosificación de la cera en bandas. Este hecho hace que las bandas sean más opacas y estéticas.

- Peel Force y adhesividad.

Un mayor Peel Force, dificulta una apertura de las bandas más fácil, sin embargo un Peel Force excesivamente bajo, atribuyen a la cera menor adhesividad.

Por tanto, hay que llegar a un punto de equilibrio, de forma que las bandas se abran fácil a temperatura ambiente, y presenten una buena adhesividad. Y este parece ser que es el punto al que hemos llegado, ya que obtenemos bandas depilatorias fáciles de abrir y con mayor adhesividad que las bandas de MARCA LÍDER Y.

- Esparcimiento.

Este es el aspecto donde más se debe mejorar. En este punto nos encontramos al igual que muchas otras marcas de la competencia, y cuya evaluación no son objeto de este proyecto, pero muy lejos de los esparcimientos de MARCA LÍDER Y.

Se debe encontrar una sustancia que tenga la misma función que la sílice tiene en las fórmulas de MARCA LÍDER Y, formando una red en el seno de la cera, que impida su esparcimiento (*Patente MARCA LÍDER Y*).

- Análisis reológico.

El análisis reológico realizado nos ha servido para conocer:

- El carácter pseudoplástico y tixotrópico de una cera fría.
- Las viscosidades en diferentes condiciones, así como la evolución de los módulos.
- Se ha evaluado el régimen viscoelástico que presentan las ceras en estudio, así como la resistencia interna de su estructura.
- Se ha extraído del barrido de frecuencia aspectos como la consistencia y rigidez, mayores en nuestro desarrollo, así como una prevención de la estabilidad en el tiempo.
- Se ha concluido que la cera fluye instantáneamente.
- Se ha evaluado el carácter tixotrópico, menor en nuestro desarrollo que en MARCA LÍDER Y.

- Se ha estimado la viscosidad de la cera a temperaturas de fabricación (90 °C, 100 °C y 110 °C), observándose que esta es relativamente baja, y que no se necesitan bombas especiales para la impulsión de la cera, y por tanto de las materias primas que la componen.

14. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

En resumen, el proceso que se sigue para la fabricación de una cera fría en este proyecto es:

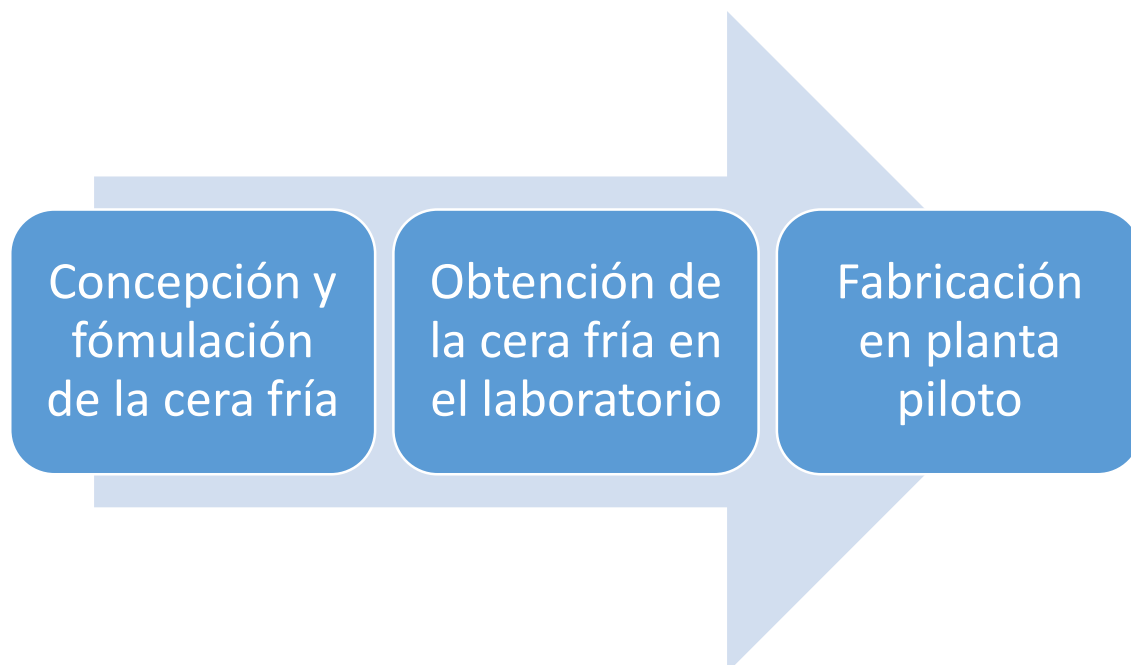


Ilustración 49. Pasos a seguir en la concepción de una cera fría.

Una vez la cera ha sido formulada, desarrollada y caracterizada, el siguiente objetivo del presente proyecto es diseñar una planta de producción complementaria, que ayude en picos de alta carga de trabajo a la empresa, y que sustituya a la actual, la cual va quedando obsoleta.

Dicha planta, actuará a veces de planta piloto, cuando sea requerido por nuevas formulaciones que la empresa vaya obteniendo, o funcionará a máximo rendimiento en épocas de alta producción.

Por tanto, como ya se mencionó en el apartado Objetivos, a continuación se diseñará una planta en discontinuo que funcione con mayor autonomía que la actual, esto es, con la mínima intervención del operario de producción.

La planta estará diseñada para fabricar diariamente tres lotes de cera, a razón de cincuenta kilogramos por lote.

Teniendo en cuenta las cantidades de materias primas, en la siguiente tabla, se recogen las cantidades industriales para la fabricación de nuestra cera, para un lote de 50 Kg.

COLOPHONIUM	18,50 Kg	EXTRACTOS	1,00 Kg
GLYCERYL ROSINATE	18,50 Kg	PERFUMES	0,30 Kg
PARAFFINUM LIQUIDUM	8,60 Kg	ANTIOXIDANTES	0,13 Kg
POLYHETYLENE	2,25 Kg	COLORANTES	0,72 Kg
TOTAL			50 Kg

Tabla 39. Cantidades de materias primas para un lote de 50 kilogramos.

14.1. FABRICACIÓN EN COSMÉTICA

Fabricar para la industria cosmética, alimenticia o farmacéutica requiere unas normas muy estrictas si se atiende a la facilidad con la que los productos que fabrica pueden llegar a contaminarse o a la facilidad con la que se puede tener un accidente, si se tiene en cuenta que la maquinaria y los servicios que utilizamos para las mismas tienen una peligrosidad alta si se realizan operaciones inadecuadas.

Se puede afirmar que para la fabricación de los cosméticos de una forma segura, se han de seguir ciertas pautas que aseguran que el producto es de buena calidad. Esta serie de normas a seguir es lo que se define como *Manual de Buenas Prácticas de Manufactura (GMP*, del inglés Good Manufactures Practises).

Las GMP se definen como el conjunto de normas y recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud aplicables a los procesos de fabricación con el propósito de garantizar su eficiencia, seguridad y eficacia y constituyen el conjunto de conocimientos desarrollados sobre la organización de procesos para alcanzar los objetivos de calidad total.

Si se analiza la manufactura en la industria cosmética, se deben seguir los siguientes parámetros:

- En todas las etapas de la producción se establecerán procedimientos para garantizar la seguridad del uso del producto, y por consiguiente evitar el uso de material de rechazo, así como material no controlado.
- En todo momento ha de existir una trazabilidad completa, no sólo en el producto de fabricación sino en toda la instalación, es decir, en cada momento se ha de poder identificar la pieza de un equipo, un instrumento, una materia prima, material de embalaje, producto de limpieza, documentos, etc.
- Los materiales y el producto acabado deben ser guardados y transportados en condiciones apropiadas a su naturaleza, de manera que se impida la contaminación y proliferación de microorganismos y que protejan contra la alteración del producto o los daños al recipiente y los envases. A su vez, se ha de garantizar la identificación de cada lote y su correcta rotación.
- Las empresas podrán realizar la manufactura en su propia planta o encargar la producción a terceros.
- Las instalaciones de la empresa siempre deben cumplir con las siguientes características:
 - Diseño: los edificios y estructuras de una planta han de ser de tamaño y construcción que facilite el mantenimiento y las operaciones sanitarias.
 - Se ha de imposibilitar la entrada de animales, insectos, roedores, plagas u otros contaminantes del medio ambiente como polvo y el humo.

- Pisos: han de ser de materiales impermeables que no tengan efectos tóxicos para el uso al que se destinan y además deberán de ser contruidos de tal manera que faciliten su limpieza.
- No deben de tener grietas ni juntas de dilatación irregulares.
- Las uniones entre los pisos y las paredes deben de ser redondas para facilitar su limpieza y evitar la acumulación de materiales que favorezcan la contaminación.
- Los pisos deben de tener un número de desagües suficientes.
- Paredes: en las áreas de proceso y almacenamiento se deben de revestir con materiales impermeables, no absorbentes, lisos, fáciles de lavar y de color claro.
- Techos: deben de estar contruidos y acabados de forma que reduzcan al mínimo la acumulación de la suciedad, la condensación y el desprendimiento de partículas.
- No están permitidos los techos falsos ya que son fuentes de acumulación de suciedad y de plagas.
- Ventanas y puertas: deberán de ser fáciles de limpiar y de manera que reduzcan al mínimo la acumulación de suciedad.
- Las puertas deben de tener una superficie lisa y no absorbente y ser fáciles de limpiar y desinfectar. Es preferible que las puertas se abran hacia afuera y estén ajustadas a su marco.
- Iluminación: todo el establecimiento ha de estar iluminado, ya sea con luz natural y/o artificial, que posibilite la realización de las tareas y no comprometa la higiene.
- Ventilación: debe existir una ventilación adecuada para evitar el calor excesivo, permitir la circulación de aire suficiente, evitar la condensación de vapores y evitar el aire contaminado de diferentes áreas.

Otra parte importante a tener en cuenta en el modo de fabricación es el uso que se ha de hacer del agua y sus características principales, ya que el agua es un elemento fundamental del proceso de fabricación de los productos cosméticos:

- Los equipos de producción de agua, así como otros sistemas que puedan existir deben de garantizar la calidad del agua, ya que esta calidad garantiza a su vez la calidad del cosmético.
- Se deberán realizar sistemas de desinfección conforme a procedimientos bien definidos.
- Las tuberías deben contruirse de manera que se evite la corrosión, riesgos de contaminación y estancamientos.
- Los materiales deben ser elegidos de manera que no se vea afectada la calidad del agua.

- Las tuberías deben estar identificadas según los diferentes servicios que da: agua caliente, fría, desmineralizada y vapor. La calidad química y biológica debe de comprobarse regularmente, de acuerdo a procedimientos preestablecidos, corrigiéndose de inmediato cualquier anomalía que se produzca.

Otro punto del proceso de fabricación que cabe resaltar son es la recepción de materias primas, que debe seguir unos procedimientos preestablecidos y cada partida debe ser registrada y verificada. Los registros han de poder identificar el producto. A título de ejemplo, deberían incluir en el registro:

- Nombre comercial en el registro y en los contenedores.
- Nombre del producto en la empresa, si es diferente del dado por el proveedor.
- Fecha de recepción.
- Nombre del proveedor y número de lote.
- Cantidad total y número de contenedores.

14.2. MATERIAS PRIMAS

La concepción de una nueva fórmula de cera, sea de tipo que sea, y el diseño de una instalación para producirla, conlleva una serie de factores y problemas específicos debido a la particularidad de las materias primas que se necesitan.

Las materias primas que se emplean en tales procesos, ya fueron descritas sus propiedades en el capítulo 8 de este proyecto. En él se evaluó e identificó las principales características de estas.

A continuación se pretende evaluar que problemas presentan este tipo de materias primas durante el proceso de fabricación y como hacerles frente, para obtener de forma satisfactoria una cera fría.

1. Adhesivos empleados.

Los adhesivos empleados son:

- *Colophonium* (Adhesivo 1).

Se obtiene a partir de la secreción oleorresinosa de ciertas especies de pinos vivos de la que, por destilación con arrastre de vapor, se ha fraccionado la fracción volátil, conocida como esencia de trementina o aguarrás.

Las resinas naturales son mezclas complejas, cuya composición no es siempre totalmente conocida, y que varía en función de la especie arbórea utilizada, de su origen geográfico y de los procedimientos de fabricación y almacenaje.

En ellas se han podido caracterizar distintos constituyentes, de los cuales aproximadamente un noventa por ciento son ácidos resínicos y el diez por ciento restante son compuestos neutros, esencialmente alcoholes diterpénicos, sesquiterpenos, aldehídos e hidrocarburos. Los ácidos resínicos son ácidos monocarboxílicos con núcleos alquílicos hidrofenantrenicos (diterpenos) principalmente de dos tipos. Los denominados tipo ácido abiótico (abiótico, palústrico, levopimárico y dehidroabiótico), se caracterizan por tener dos dobles enlaces conjugados, mientras que los denominados tipo ácido pimárico (pimárico, isopimárico y sandarapimárico), con los dobles enlaces no conjugados. Los ácidos tipo abiótico se oxidan con facilidad en contacto con el aire. Por otro lado, la *Colophonium* utilizada industrialmente se modifica químicamente con el fin de obtener unas cualidades técnicas específicas de color, viscosidad y cristalinidad. Raramente se completa su transformación, sino que queda un cierto porcentaje de *Colophonium* no modificada.

La *Colophonium* como materia prima recibe un control de calidad por el cual principalmente tiene que someterse a un análisis de cristalización, para determinar la calidad que posee. Es necesario que la *Colophonium* no cristalice durante el test, pues una *Colophonium* de mala calidad, implica que se obtenga productos deficitarios.

El test de cristalización consiste en mezclar *Colophonium* granulada, con un tamaño de partícula entre 2,5 y 6,5 milímetros, con acetona a partes iguales, observando en el transcurso de cuatro horas, la presencia o no de cristales.

Si transcurrido ese periodo, no aparecen cristales, la *Colophonium* es apta para la fabricación de ceras, y se le da su aprobación.

La *Colophonium* es una materia prima, que a temperatura ambiente y en condiciones normales, se encuentra en estado sólido. Tiene un punto de reblandecimiento o *softening point* entre 68 y 80 °C, temperatura a la cual esta pasa a estado líquido.

El principal problema que se presenta con esta materia prima es que a temperaturas muy superiores a su punto de reblandecimiento durante largos periodos de tiempos, se oscurece, por lo que la cera fabricada con ella saldría oscura y con mal aspecto.

Este es uno de los problemas a tratar en el diseño de nuestra planta, pues se pretende tener las materias primas fundidas en tanques de almacenamiento, para posteriormente, cuando se requiera ir suministrándose al tanque de mezcla.

Teniendo en cuenta los factores antes expuesto, una temperatura elevada de la *Colophonium*, hacen que esta sea mucho menos viscosa, necesitándose menos potencias en las bombas utilizadas para el suministro del tanque principal, sin embargo tendríamos una *Colophonium* de mala calidad. Por tanto se piensa que el tanque de almacenamiento que contiene la *Colophonium* estará a su temperatura de algo superior a su *softening point* (90°C), temperatura que no alterará la apariencia y propiedades de la *Colophonium*.

En el control de calidad de estas materias primas se supervisan además de la cristalización que pueda sufrir, el punto de reblandecimiento y el índice de acidez.

Softening point (°C)	Índice de acidez
68-80	155-170

Tabla 40. Especificaciones de *Colophonium*.

Este adhesivo se almacenará e impulsará a 90 °C. Esta temperatura facilitará su impulsión mediante bombas, al tener una viscosidad menor.

- Resiéster *Glyceryl Rosinate*.

Es un éster de glicerol, que se obtiene a partir de la deshidrogenación de la *Colophonium*. Se caracteriza por tener un punto de reblandecimiento mayor que la *Colophonium*.

Al no ser estrictamente una resina natural, ya que ha sido tratada mediante un proceso de deshidrogenación, no presenta problemas de cristalización. En el control de calidad no es necesario medir este aspecto, y solo se supervisan el punto de reblandecimiento, el índice de acidez y el color que presente.

Softening point (°C)	Índice de acidez
86	10

Tabla 41. Especificaciones de Glyceryl Rosinate.

Este adhesivo se almacenará e impulsará a 150 °C, ya que al ser una materia prima tratada, esta no presentará problemas de oscurecimiento ni apariencia. Esta temperatura facilitará su impulsión mediante bombas, al tener una viscosidad menor.

2. Plastificantes empleados.

○ *Paraffinum Liquidum*.

Es el plastificante empleado para la elaboración de nuestra cera. Se caracteriza por ser un líquido transparente e incoloro. Se añade como aditivo a nuestras ceras, en concreto a esta que se ha desarrollado en este proyecto.

El objetivo que se quiere obtener añadiendo esta materia prima a nuestra formulación es darle a esta mayor flexibilidad, y por consiguiente mayor suavidad, obteniendo una cera menos viscosa.

A temperatura ambiente, el *Paraffinum Liquidum* es un líquido de baja viscosidad, por tanto este componente de la cera no necesita calefacción durante su almacenamiento, y no se necesitarán bombas de impulsión especiales de alta viscosidad para transportarlo hacia el tanque de agitación.

○ *Polyethylene*.

Además de ser un plastificante, también es un modificador de viscosidad. Es el polímero más simple que existe $(CH_2-CH_2)_n$. En la industria de la cosmética, y concretamente en la industria de las ceras depilatorias, se usa en polvo, con un tamaño de partícula muy pequeño. Es de color blanco, y tiene un punto de fusión de (150 °C), por lo que es necesario que el tanque de almacenamiento que lo contenga este calefactado.

Su densidad a la temperatura de fusión es menor incluso que la del agua, y su viscosidad también presenta un valor pequeño por lo cual no presentará problemas en la impulsión mediante las bombas.

3. Extractos y perfumes.

○ Aceite de almendras y aloe vera.

Los extractos y perfumes tienen la misión de darle a la cera unas características sensoriales que son determinados por el cliente. También se utiliza como reclamo publicitario, o como se dijo en apartados anteriores como un “*claim*”, llamando así la atención de los usuarios.

Los extractos añadidos a la cera son sustancias que deben añadirse por debajo de 90 °C a la mezcla en la fabricación de la cera. Para ello, se ha pensado que sean añadidos por el operario directamente en el tanque de almacenamiento, una vez la temperatura de la base de la fórmula sea inferior a 90 °C.

4. Colorantes y antioxidantes (conservantes).

El colorante es la sustancia que dará a la cera el color que el cliente pide. Se necesitan cantidades muy pequeñas para grandes lotes de producción. Por ejemplo para un lote de 50 kilogramos, se necesitan algo menos de 800 gramos de colorante, entre el blanco y el color.

Cuando la base de la fórmula ha sido mezclada, tiene un color amarillo pardo. Para dar un determinado color a la fórmula, hay que añadir junto al color elegido, un blanco que elimine el color amarillo de la base, y nos permita obtener el color deseado.

El colorante será añadido manualmente por el operario al tanque de mezcla, pues se necesita gran precisión en la pesada, además de ser cantidades muy pequeñas que haría muy difícil su automatización y adicción mediante bombas de impulsión.

Junto a los colorantes se añadirá un antioxidante, que permitirán alargar la vida de la cera desarrollada, pues evitan que las moléculas de la cera se oxiden, oxidándose esta en su lugar.

Si las moléculas de la cera se oxidan, lo que ocurriría es un aumento de la rigidez de la cera en las bandas en las que han sido dosificadas con el tiempo, pues estas moléculas aumentarían su tamaño al oxidarse y restaría movilidad a la estructura de la cera, aspecto que ya se comentó en apartados anteriores.

Las especificaciones de las materias primas utilizadas se encuentran en el **“Anexo de Especificaciones de las Materias Primas”**.

14.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO Y DEFINICIÓN DE LOS PRINCIPALES EQUIPOS

Los equipos principales de los que consta la planta son:

- Tanque de agitación.
- Tanques de almacenamiento.
- Depósito de descarga.

Además de estos equipos, la planta consta de bombas de impulsión para la carga de materias primas al tanque de agitación, así como una bomba para la descarga del producto.

Posee sistemas de calefacción tanto para los tanques de almacenamiento que lo requieran, para que las materias primas estén fundidas y a viscosidades bajas, que no opongan dificultades al transporte de estas, así como del tanque principal de agitación.

La planta cuenta con un sistema de limpieza *clean in place (CIP)*, y con un sistema de control y pesaje de materias primas en el tanque principal que permitirá la automatización del proceso.

Al final de la línea de proceso, en la tubería de descarga de la cera hacia el tanque de almacenamiento se sitúa un viscosímetro en línea, como medida del control de calidad.

14.3.1. TANQUE DE AGITACIÓN

El objetivo del tanque de agitación es la mezcla de todos los componentes que constituyen la cera. Es un recipiente vertical, construido en acero inoxidable.

La aportación de calor al tanque se realiza mediante un encamisado de resistencias eléctricas.

El tanque de agitación estará provisto de un sistema de agitación y mezcla.

Aunque con frecuencia tienden a confundirse, agitación y mezcla no son sinónimos. La agitación se refiere al movimiento inducido de un material en una forma específica, generalmente con un modelo circulatorio dentro de algún tipo de contenedor. La mezcla es una distribución al azar de dos o más fases inicialmente separadas. Un único material homogéneo, tal como un tanque con agua fría, puede ser agitado pero, en cambio, no puede mezclarse mientras no se le adicione otro material, tal como una cierta cantidad de agua caliente o algún sólido pulverulento.

El término mezcla, o mezclado, se aplica a una gran variedad de operaciones que difieren ampliamente en el grado de homogeneidad del material “mezclado”, y en la composición que en cada punto presente la mezcla.

La parte superior del recipiente tendrá forma elíptica, y podrá abrirse por completo, plegándose hacia atrás con el objetivo de tener acceso al agitador para su mantenimiento y desmontaje. Contará con una serie de compuertas que permitirán descargar la presión acumulada y el seguimiento si se requiere por parte del operario.

El fondo del tanque también será elíptico, y no plano, con el fin de eliminar los rincones escarpados o regiones en las que no penetrarían las corrientes de fluido.

La altura del líquido es un poco inferior al diámetro del tanque, pues este está sobredimensionado para un mayor volumen. El rodete va instalado sobre un eje suspendido, es decir, un eje soportado en la parte superior. El eje está accionado por un motor, a veces directamente conectado al eje, pero más frecuentemente acoplado al eje a través de una caja reductora de velocidad. Generalmente lleva incorporados también accesorios tales como tabuladoras de entrada y salida, vainas para termómetros u otros instrumentos de medida de la temperatura.

A este tanque de agitación llegará por arriba la materia prima fundida desde los tanques de almacenamiento, a través de la impulsión por bombas.

El tanque de agitación estará calefactado, a una temperatura de 110 °C, y se hará mediante láminas flexibles adhesivas de resistencias eléctricas.

El elemento clave en estos procesos es el control de temperatura. La sonda irá colocada a través de uno de los orificios de la cabeza del tanque, y se introducirá hasta el seno de la mezcla. Estará colocada paralela al eje de rotación del agitador, manteniendo la distancia adecuada, de tal manera que no se produzca un toque con el eje de rotación del agitador.

Esta sonda de temperatura tiene meramente misión informativa, para realizar el seguimiento a la temperatura del interior del tanque. Irá conectado al ordenador a

través de la tarjeta de adquisición de datos empleada en el control y carga de las materias primas, la cual es detallada en siguientes apartados.

El control de temperatura se realiza a través de una sonda de temperatura capaz de medir hasta 150 °C. Está fabricado y suministrado por la empresa **“Instruments Express” (Anexo III del “Anexo de Especificaciones de Equipos”)**.

Además llevará una serie de entradas en el fondo superior con conexión en *clamp*, ya que al cerrar con la abrazadera y junta de silicona garantiza un paso total, sin huecos donde se pueda depositar materia y contaminar el producto.

En el fondo inferior la conexión se realizará mediante bridas y juntas tóricas. Se cerrarán siempre por válvulas que constituirán la salida del producto terminado, instrumentación y elementos de seguridad.

La superficie interior del tanque estará pulida “a espejo”, con el objetivo de garantizar que no se incrusten partículas de cera en ella, y que nos facilite el limpiado del tanque. Por otro lado, no habrá cantos afilados en el tanque donde se pueda depositar la suciedad.

Este mezclador llevará un sistema de agitación tipo áncora con unas rasquetas de nylon que rascarán la superficie para evitar que la cera cercana a la pared se queme, mejorar la transferencia y facilitar el vaciado del tanque.

Estas rasquetas se adaptarán perfectamente tanto a la pared como al fondo del tanque, y su ajuste será manual.

Para la producción de la cera fría de la que trata el presente proyecto, se seleccionará una velocidad de agitación de unas 60 rpm aproximadamente. Esta agitación es muy importante en el proceso de producción de la cera, pues de no ser así, pueden producirse zonas en la pared del tanque a mayor temperatura, produciendo un sobrecalentamiento y la consecuente pérdida de calidad del producto final.

El tanque de agitación es de acero inoxidable. Posee un volumen de 70 litros, con un diámetro y una altura de 0,447 metros **(Anexo I del “Anexo de Cálculos”)**. Este es fabricado y suministrado por la empresa “MGT Liquid & Process Systems” **(Anexo I del “Anexo de Especificaciones de Equipos”)**.

14.3.2. TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Los tanques de almacenamiento estarán contruidos también de acero inoxidable. Estos tanques contendrán las materias primas, y los que lo requieran por el tipo de materia prima que contengan, también estarán calefactados, pues así se tendrán fundidas las materias primas sólidas, y su impulsión al tanque de agitación podrá realizarse mediante bombas.

Según el número de materias primas que se necesitan para esta formulación, y para cualquier otra, la planta contará con cuatro tanques de almacenamiento. De estos cuatro tanques, tres de ellos estarán calefactados y el otro no. Los tres calefactados serán empelados para los dos adhesivos empleados en esta fórmula y para el *Polyethylene*; mientras que el *Paraffinum Liquidum*, al ser líquido a temperatura ambiente, no necesitará calefacción para facilitar su impulsión por bombas.

Estos tanques tendrán el fondo elíptico de forma que se eviten las incrustaciones de la materia prima en los bordes de canto que provocaría un fondo plano, mientras que la cabeza del tanque será plana, de forma que constará con una tapa abatible que permita que el tanque pueda estar abierto o cerrado, según convenga. Será por esta parte superior, por la que el operario cargue las materias primas de la fórmula.

Estos tanques tendrán una abertura por la parte inferior del tanque, permitiendo la entrada de la tubería de succión de la bomba. La tubería estará conectada a los tanques mediante bridas y junta de silicona, que permitan un cierre hermético.

- Tanque de almacenamiento para el adhesivo 1 (*Colophonium*).

El tanque de almacenamiento de *Colophonium* será junto con el de *Glyceryl Rosinate* el de mayor tamaño, ya que estas dos materias primas son las de mayor fracción en la fórmula.

El recipiente contará con un volumen total de 80 litros, de forma que permita almacenar las cantidades necesarias de *Colophonium* para los tres lotes diario de fabricación, en las temporadas de alta producción.

Al igual que el tanque de agitación, estará construido de acero inoxidable, y estará pulido a espejo al igual que el tanque de agitación.

El tanque de *Colophonium* contará con una camisa de resistencias eléctricas que cubrirán el cuerpo del tanque, aportándole el calor necesario para alcanzar la temperatura deseada, 90 °C.

Estas resistencias eléctricas serán adquiridas al igual que los tanques desde *catálogo*, y como se verá posteriormente, se ajustarán el número de ellas según la potencia necesaria, para la fundición de *Colophonium*.

El tanque de almacenamiento del adhesivo 1 (*Colophonium*) es de acero inoxidable. Posee un volumen de 80 litros, con un diámetro y una altura de 0,467 metros (**Anexo I del “Anexo de Cálculos”**). Este es fabricado y suministrado por la empresa “SIEHE” (**Anexo I del “Anexo de Cálculos”**).

- Tanque de almacenamiento para el adhesivo 2 (*Glyceryl Rosinate*).

Este tanque será exactamente igual que el tanque de almacenamiento de *Colophonium*, a diferencia de las resistencias eléctricas que lo cubrirán, pues en este caso se necesitará mayor potencia, para alcanzar la temperatura de completa fundición del *Glyceryl Rosinate* (150 °C). Su volumen será de 80 litros.

Su construcción será en acero inoxidable y sus paredes internas pulida a espejo.

El tanque de almacenamiento del adhesivo 2 (*Glyceryl Rosinate*) es de acero inoxidable. Posee un volumen de 80 litros, con un diámetro y una altura de 0,467 metros (**Anexo I del “Anexo de Cálculos”**). Este es fabricado y suministrado por la empresa “SIEHE” (**Anexo V del “Anexo de Especificaciones de Equipos”**).

- Tanque almacenamiento del plastificante 1 (*Paraffinum Liquidum*).

Este tanque será el más sencillo de los que se necesitan para el almacenamiento y acondicionamiento de las materias primas. Este tanque no necesitará calefacción alguna, pues el *Paraffinum Liquidum* se encuentra en estado líquido a temperatura ambiente. Por tanto este tanque no tendrá camisas de resistencias eléctricas que lo cubran.

Estará fabricado en acero inoxidable, y sus paredes internas pulidas a espejo.

En cuanto a la capacidad de almacenamiento del tanque, esta será de 20 litros.

El tanque de almacenamiento del adhesivo 2 (*Glyceryl Rosinate*) será de acero inoxidable. Poseerá un volumen de 80 litros, con un diámetro y una altura de 0,467 metros. Este es fabricado y suministrado por la empresa “SIEHE”.

El tanque de almacenamiento del plastificante 1 (*Paraffinum Liquidum*) es de acero inoxidable. Posee un volumen de 20 litros, con un diámetro y una altura de 0,294 metros (**Anexo I del “Anexo de Cálculos”**). Este es fabricado y suministrado por la empresa “SIEHE” (**Anexo V del “Anexo de Especificaciones de Equipos”**).

- Tanque almacenamiento del plastificante 2 (*Polyethylene*).

Este tanque será el que menor capacidad necesite para almacenar el *Polyethylene* diario necesario. Tendrá un volumen de 10 litros, y también será de acero inoxidable pulido a espejo.

El tanque llevará acoplado, al igual que el tanque de *Colophonium* y *Glyceryl Rosinate*, una camisa de resistencias eléctricas, que le aporten el calor necesario para la fundición del *Polyethylene*.

El tanque de almacenamiento del plastificante 2 (*Polyethylene*) es de acero inoxidable. Posee un volumen de 10 litros, con un diámetro y una altura de 0,234 metros (**Anexo I del “Anexo de Cálculos”**). Este es fabricado y suministrado por la empresa “SIEHE” (**Anexo V del “Anexo de Especificaciones de Equipos”**).

14.3.3. TANQUE DE DESCARGA

El tanque utilizado para la descarga del producto terminado será un tanque de grandes dimensiones, de forma que pueda almacenar los tres lotes diarios máximos que pueden ser fabricados por la planta. Estará construido al igual que los anteriores en acero inoxidable y pulido a espejo, con fondo elíptico para evitar incrustaciones.

La misión principal de este tanque de descarga será el almacenamiento del lote producido, de forma que permita al tanque de agitación fabricar otro lote de producción.

Se ha pensado, que este tanque tenga una capacidad de 200 litros totales, de los cuales serán 150 los utilizados.

Este tanque dispondrá de una entrada en clamp en la tapa para la entrada de la cera, mientras que en la parte inferior tendrá una válvula de descarga para la salida de cera hacia el dosificado.

El tanque de descarga dispondrá de cuatro patas soldadas al cuerpo con ruedas, para facilitar el transporte de este.

Este tanque no necesitará de calefacción, ya que la cera necesita disminuir su temperatura para añadir los perfumes y extractos, así como para la dosificación de la cera sobre el non-woven (etapa que no se contempla en este proyecto).

El tanque de descarga es de acero inoxidable. Posee un volumen de 200 litros, con un diámetro y una altura de 0,634 metros (**Anexo I del “Anexo de Cálculos”**). Este es fabricado y suministrado por la empresa “SIEHE” (**Anexo VI del “Anexo de Especificaciones de Equipos”**).

14.3.4. SOPORTES PARA LA COLOCACIÓN DE LOS TANQUES

Los tanques de almacenamiento y agitación irán soportados por una estructura de acero que los contenga.

La estructura tendrá una forma compacta, de manera que todos estos tanques estén próximos unos de otros, y ocupen poco lugar. La idea es tener toda la estructura bien compactada, de forma que sea práctica, y no haya grandes distancias entre los equipos.

El tanque de agitación se encontrará separado de los de alimentación o almacenamiento, y se encontrará situado a la izquierda del soporte. En la parte derecha del soporte se situarán los cuatro tanques de almacenamiento de materias primas que alimentarán y surtirán al tanque de agitación, mediante la impulsión por bombas.

Los tanques al tener el fondo elíptico contarán con una superficie plana que los mantenga erguidos y no se vuelquen, anclados mediante tornillos. Este sistema permitirá que los tanques se encuentren sujetos. Por debajo de estos se colocarán las tuberías y bombas necesarias para la impulsión. Colocando las bombas por debajo de los tanques, nos evitamos que surjan problemas de cavitación de las mismas.

Debajo de la superficie plana que mantiene al tanque de agitación se encuentra la célula de pesaje.

El soporte será construido también de acero inoxidable, de forma que contará con la resistencia necesaria para soportar el peso de los tanques.

Este soporte será construido por el personal de mantenimiento de estructuras de la empresa, según la idea y el diseño que se le entrega, y que viene recogido en los planos de este proyecto.

El soporte en su conjunto, tendrá colocada en sus patas cuatro ruedas, de manera que permita el desplazamiento de la planta si fuese necesario, surtiéndola así de movilidad que la permitirá desplazarla en caso que sea necesario. Las ruedas estarán provista de frenos que eviten que la planta se mueva de forma accidental.

El personal de mantenimiento de estructuras de la empresa construirá la estructura, según el diseño entregado (**Plano 2, 3, 4, 5 y 6 del documento “Planos”**).

14.4. SISTEMA DE AGITACIÓN

Debido a que nuestro producto presenta variación de la viscosidad con la temperatura, se sabe que a temperaturas bajas el fluido es muy viscoso. De esta manera, para viscosidades altas se utilizan impulsores que tengan elementos móviles cerca de todos los elementos del fluido. Así se elige un impulsor de tipo áncora, el cual presenta elementos próximos a la superficie del tanque, en este caso, casi pegados a la pared.

Este tipo de impulsores tienen una alta superficie para aportar movimiento a los distintos elementos del fluido, sin el bombeo característico de los sistemas de baja viscosidad.

Es uno de los elementos más característicos de todo el diseño de instalación: un motorreductor moverá un eje el cual tiene instalado un agitador tipo áncora para conseguir la agitación y mezcla del producto.

El áncora ha de ser totalmente desmontable para facilitar su manipulación, mantenimiento y limpieza.

El áncora tendrá una velocidad de agitación de 60 rpm, con las que se aseguran una mezcla total de todas las materias primas.

El áncora tendrá instalado un rascador construido en Nylon ya que es de fácil mecanización, resistente y permite adaptarse a los contornos del mezclador. Estos rascadores favorecen la transmisión de calor impidiendo que se queme la cera por el contacto directo con la pared del tanque.

El principio de funcionamiento de este tipo de agitadores áncora se basan en que debido a su diseño imparten un flujo tangencial al producto próximo a la pared del depósito, y esto unido al rascador acoplado impiden que la cera se queme en las proximidades de la pared.

El material de construcción ha de ser de acero inoxidable de las mismas características que el material del cuerpo del tanque y pulido con las mismas exigencias.

El impulsor tipo áncora es de acero inoxidable. Posee una altura de 0,438 metros y un diámetro de 0,438 metros. La anchura de las palas del áncora es de 0,044 metros, y su distancia a la pared del tanque de 0,004 metros.

La potencia necesaria para el movimiento del áncora es de 32,240 W.

Se estima que la mezcla queda completamente homogenizada a los 9,5 minutos. **(Anexo II del “Anexo de Cálculos”).**

Este es fabricado y suministrado por la empresa “SIEHE” **(Anexo I del “Anexo de Especificaciones de Equipos”).**

14.5. SISTEMA DE CONTROL Y PESAJE

Uno de los aspectos más importantes del diseño de esta instalación es el sistema de control y pesaje de las materias primas en el interior del tanque de agitación.

Se pretende montar un sistema de pesaje, de manera que las materias primas se vayan cargando sobre el tanque de agitación y pesando directamente sobre él, de forma que el operario controle el pesaje a través de un ordenador.

Para ello la idea es emplear un sistema de control basado en el programa informático *LABVIEW*, de manera que el operario interactúe directamente con el programa.

No es objeto de estudio desarrollar la programación en *LABVIEW* de este sistema de control, pues este ya está desarrollado por el personal de la empresa.

Nosotros en este proyecto vamos a incluir este desarrollo, de forma que permita automatizar nuestra planta, y permita que el operario tenga cierta libertad para realizar otras tareas.

Para esta automatización, son necesario una serie de instrumentos que permitan el control en la planta. Estos dispositivos son:

- Un sensor, que en este caso es la célula de carga, la cual va instalada en la parte inferior del tanque de agitación, midiendo la fuerza peso que se aplica sobre ella.
- Un convertidor analógico para células de carga, cuya misión es convertir la señal de salida de la célula de carga en diversos tipos de señales en instrumentación industrial.
- Tarjeta de adquisición de datos, que conecta el mundo real, magnitudes físicas, con la programación en el ordenador.

El sistema funcionará de la siguiente manera: el operario pone en marcha el tanque principal, es decir, la agitación y la calefacción de los tanques. Una vez fundida las materias primas, desde *LABVIEW*, se da la orden para cargar la primera materia prima, que en este caso es el *Paraffinum Liquidum*, poniendo en marcha la bomba de impulsión de este tanque, una vez cargado todo el *Paraffinum Liquidum*, *LABVIEW* activa la segunda bomba, y carga el *Polyethylene*. Por último se cargan los adhesivos, *Colophonium* y *Glyceryl Rosinate*, de la misma manera, cuando llegan al peso fijado para de cargar *Colophonium*, y comienza a cargar el *Glyceryl Rosinate*. Al final, tenemos todas las materias primas que forma la base en el tanque de agitación.

Una vez obtenida la base de la cera, antes de ser descargada, el operario añade el colorante y deja que se homogenice el color. Por último se descarga la base de cera más colorante mediante la bomba de descarga hacia el tanque de descarga, allí el operario añade los perfumes y extractos.

14.5.1. CÉLULAS DE CARGA

Dentro del sistema que se ha dispuesto para controlar la fuerza peso, el principal componente de dicho sistema, es el sensor de medida, en este caso una célula de carga.

El fundamento de las células de carga se basa en las galgas extensiométricas.

- Fundamento de las células de carga: galgas extensiométricas.

El principio básico de una celda o célula de carga está basado en el funcionamiento de cuatro galgas extensiométricas (strain gauge), dispuestas en una configuración especial.

La galga extensiométrica es básicamente una resistencia eléctrica. El parámetro variable y sujeto a medida es la resistencia de dicha galga. Esta variación de resistencia depende de la deformación que sufre la galga.

Se parte de la hipótesis inicial de que el sensor experimenta las mismas deformaciones que la superficie sobre la cual está pegada. El sensor está constituido básicamente por una base muy delgada no conductora, sobre la cual va adherido un hilo metálico muy fino, de forma que la mayor parte de su longitud está distribuida paralelamente a una dirección determinada.

La resistencia eléctrica del hilo es directamente proporcional a su longitud, o lo que es lo mismo, su resistencia aumenta cuando éste se alarga. De este modo las deformaciones que se producen en el objeto, en el cual está adherida la galga, provocan una variación de la longitud y, por consiguiente, una variación de la resistencia.

Otro principio de funcionamiento de las galgas se basa en la deformación de elementos semiconductores. Esta deformación provoca una variación, tanto en la longitud como en la sección.

La diferencia entre ambos modelos se encuentra en el tamaño, más reducido en este último.

- Fundamentos de las galgas extensiométricas.

El montaje más común utilizado para medir deformaciones mediante galgas es el puente de Wheatstone. Existen tres tipos de montajes básicos: con una, dos y cuatro galgas. La medida se suele realizar por deflexión, es decir midiendo la diferencia de tensión existente entre los terminales de salida del sensor.

Las principales diferencias de estos montajes se encuentran en la sensibilidad y la capacidad de compensación del efecto de temperatura. Esta compensación consiste en suprimir los efectos de la temperatura en el valor de la resistencia de la galga; cuando en un puente de medida coinciden dos o cuatro galgas de iguales características, los efectos de la temperatura se anulan ya que ésta les afecta por igual. De este modo, la sensibilidad será mayor para un puente de cuatro galgas, seguido del dos, ya que en

ellos los efectos de temperatura se contrarrestan; por este mismo motivo, el puente de una sola galga es el que menos sensibilidad presenta.

A la hora de construir el programa en Labview la configuración en puente resultará importante desde el punto de vista de que el propio lenguaje, dispone de una aplicación específica para la adquisición de datos de una célula de carga, de manera que seleccionando el tipo de puente y los parámetros de entrada, el propio programa traduce la señal de tensión a datos de fuerza.

La célula de carga empleadas será del tipo viga, empleada con asiduidad en las industrias alimentarias y cosmética.

Todas las células de este tipo trabajan a cizalla o flexión, mediante galgas extensiométricas.

La fuerza que se va a medir, en nuestro caso será una fuerza vertical ejercida por la carga de materias primas sobre el tanque de agitación.

La célula se monta con un bulón, de manera que la carga se ejerce sobre este, intentando no generar cargas excéntricas ni momentos que pueden desviar la resultante de su punto de aplicación.

La señal que va a sacar la célula de carga, ira a una tarjeta de adquisición de datos para que mediante un programa informático podamos tratar los datos que esta genera. Sin embargo, esta señal no es posible incorporarla directamente a la tarjeta de adquisición de datos, sino que se necesita de un convertidor de señal que amplifique y acondicione la señal de salida.

La célula de carga es fabricada y suministrada por la empresa “UTICELL”. El modelo empleado es el 340, con una carga nominal de 200 kilogramos. Es del tipo viga (Anexo X del “Anexo de Especificaciones de Equipos”) .
--

14.5.2. CONVERTIDOR ANALÓGICO DE SEÑAL

El objetivo del convertidor de señal es generar, a partir de lo obtenido por los sensores, una señal que sea aceptable por las tarjetas de adquisición de datos. Las tarjetas de adquisición de datos suelen admitir niveles de tensión que van entre unos márgenes determinados: -10V a 10V, 0 a 10V, 0 a 5V, etc.

Las funciones principales que va a tener que realizar el acondicionador de señal son las siguientes:

- Transformación: los sensores pueden proporcionar una diferencia de potencial, o una variable de intensidad. Normalmente las tarjetas de adquisición de datos admiten diferencias de potencial, por lo que si el sensor proporciona una variación de intensidad, esta debe ser convertida en una diferencia de potencial proporcional.
- Amplificación: la señal proporcionada por los sensores suele ser de un valor muy pequeño, por lo que debe ser amplificada con el fin de que pueda ser detectada correctamente por la tarjeta de adquisición de datos. La amplificación debe ser tal que las variaciones de la señal recorran todo el margen de la tarjeta de adquisición de datos. La amplificación de las señales, en su origen, reduce el ruido que les puede afectar en su transmisión hasta el computador.
- Filtrado: se pretende eliminar ruidos de alta frecuencia que pueden hacer perder exactitud al sistema de adquisición de datos. Lo ideal es transportar la señal del sensor lo más limpia posible a la tarjeta de adquisición.
- Excitación: hay muchos sensores que necesitan de una excitación, bien en corriente, bien en tensión, para producir la variación proporcional a la magnitud a medir.
- Linealización: no todos los sensores tienen una variación lineal con respecto a las variaciones de la magnitud que se miden; a veces es necesario realizar unos cálculos para convertir la respuesta del sensor en lineal.

Por tanto, el elemento empleado trata de un acondicionador de señal para células de carga y para transductores basados en galgas extensiométricas de puente de Wheatstone en general.

Convierte las señales de salida de las células de carga a diversos tipos de salidas estándar en instrumentación industrial. Mediante la selección de pequeños interruptores selecciona el tipo de corriente de salida.

El convertidor analógico de señal es fabricado y suministrado por la empresa "UTICELL". El modelo empleado es el SGA/A, con una alimentación 110 /230 V AC 50/60Hz y 18/24 V DC (**Anexo XI del "Anexo de Especificaciones de Equipos"**).

14.5.3. TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

El último paso en un sistema de adquisición de datos son las tarjetas de adquisición de datos (DAQ), estas tarjetas se encargan de:

- Las conversiones de señales desde analógica a digital (ADC).
- La comunicación con el ordenador.

Como características más relevantes de una tarjeta de adquisición de datos están:

- Número de canales analógicos.
- Velocidad de muestreo.
- Resolución.
- Rango de entrada.
- Capacidad de temporización.
- Forma de comunicarse con el computador.
- Número de canales analógicos: Nos indica la cantidad de magnitudes distintas que podemos adquirir con la misma tarjeta. Generalmente las tarjetas disponen de un único ADC y los diferentes canales se generan por medio de un multiplexor analógico.
- Velocidad de muestreo: Cuanto mayor sea la velocidad de muestreo mejor representación obtendremos de la señal analógica, en cualquier caso la velocidad de muestreo debe ser siempre mayor que el doble de la frecuencia de la señal que queremos muestrear.
- Resolución: viene dada por el número de bits del ADC que se utilizan para representar cada muestra, a mayor número de bits del ADC la tarjeta será capaz de detectar variaciones menores en la señal. El número de distintos niveles en que se divide la señal a convertir viene dada por 2^n , siendo n la longitud de palabra del conversor.
- Rango de entrada: indica los márgenes entre los que debe estar la señal de entrada para que pueda ser convertida. Las tarjetas de adquisición de datos suelen dar varias posibilidades que se pueden seleccionar por hardware o por software.

Estas 4 características vienen a determinar la capacidad y la precisión de la tarjeta de adquisición:

- A mayor número de canales → Mayor capacidad.
- A mayor velocidad de muestreo → Mayor capacidad.
- A mayor resolución → Mayor precisión.
- A menor rango de entrada → Mayor precisión, ya que con los mismos bits de resolución se tendrá que representar un menor rango.

- Capacidad de temporización: La capacidad de temporización interna en la propia tarjeta de adquisición de datos es una característica interesante en estos sistemas, ya que permite unas funcionalidades adicionales:

- Puede controlar los momentos en los que se debe leer una señal.
- Identificar cuantas veces se ha producido un evento.
- Generar formas de onda de acuerdo al reloj, etc., ...

Y de esta forma descarga de estas misiones al ordenador, que podrá usar ese tiempo para otras ocupaciones. También proporciona una forma de trabajo en tiempo real en aquellos casos en los que el ordenador no puede atenderla debido a sobrecargas o a limitaciones en su sistema operativo.

- Forma de comunicarse con el ordenador: su funcionamiento, como dispositivo periférico se puede realizar de dos formas:
 - Mediante entrada-salida por interrupción, lo normal.
 - Mediante acceso directo a memoria (DMA). En aquellos casos en los que el flujo de datos puede ser elevado.
-

La tarjeta de adquisición de datos (DAQ) es fabricada y suministrada por la empresa "NATIONAL INSTRUMENTS". El modelo empleado es el NI PCI-6281, **(Anexo XII del "Anexo de Especificaciones de Equipos")**.

14.5.4. CONTROL MEDIANTE LABVIEW

LABVIEW es una herramienta gráfica para pruebas, control y diseño mediante la programación. El lenguaje que usa se llama lenguaje G.

Este programa fue creado por National Instruments (1976) para funcionar sobre máquinas MAC, salió al mercado por primera vez en 1986. Ahora está disponible para las plataformas Windows, UNIX, Mac y Linux.

Los programas desarrollados con *LABVIEW* se llaman Instrumentos Virtuales, o VIs, lo que da una idea de su uso en origen: el control de instrumentos. Entre los objetivos de *LABVIEW* están el reducir el tiempo de desarrollo de aplicaciones de todo tipo (no sólo en ámbitos de Pruebas, Control y Diseño) y el permitir la entrada a la informática a programadores no expertos. Esto no significa que la empresa haga únicamente software, sino que busca combinar este software con todo tipo de hardware, tanto propio –tarjetas de adquisición de datos, PAC, Visión, y otro Hardware- como de terceras empresas.

Su principal característica es la facilidad de uso, válido para programadores profesionales como para personas con pocos conocimientos en programación, que pueden hacer aplicaciones relativamente complejas, imposibles de hacer con otros lenguajes tradicionales. Con *LABVIEW* pueden crearse programas de miles de Vis equivalente a millones de páginas de código texto para aplicaciones complejas, programas de automatizaciones de decenas de miles de puntos de entradas/salidas, etc.

Como se ha dicho es una herramienta gráfica de programación, esto significa que los programas no se escriben, sino que se dibujan, facilitando su comprensión.

Un programa se divide en Panel Frontal y Diagrama de Bloques. El Panel Frontal es la interfaz con el usuario, en la cual se definen los controles e indicadores que se muestran en pantalla. El Diagrama de Bloques es el programa propiamente dicho, donde se define su funcionalidad, aquí se colocan iconos que realizan una determinada función y se interconectan.

➤ FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA DESARROLLADO EN LABVIEW

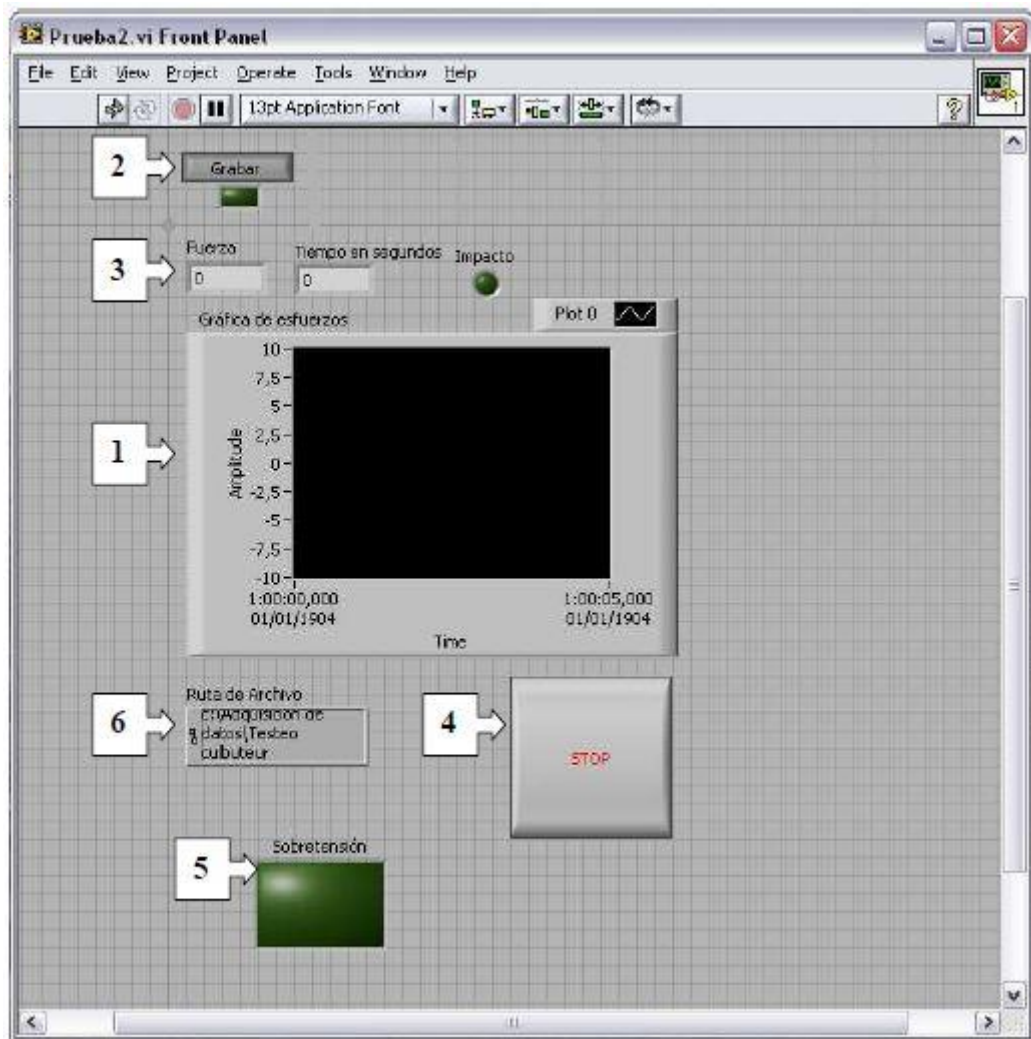


Ilustración 50. Panel frontal de LABVIEW.

Dentro del panel frontal se puede ver:

1. Marcado con el número uno, se observa en el centro del panel un gran recuadro, este mostrará en pantalla la evolución de la fuerza peso (N) mediante una gráfica, de manera que el operario podrá seguir fácilmente la evolución de la carga de muestra.
2. Marcado en la imagen con el número dos, se observa el botón de grabado. Este botón, se ha de pulsar, con el programa arrancado, cuando el operario quiera que las medidas de fuerza queden registradas, de manera que aunque se aprecie el aumento de peso en la gráfica, dicha medida no quedara almacenada en la memoria del PC si antes el botón de grabar no ha sido pulsado. Para ver fácilmente si el botón de grabar se ha pulsado, el programa tiene incorporado un indicador luminoso que se mantiene encendido una vez que el botón se pulsa.

3. Bajo el botón de grabado, se han colocado dos salidas de datos numéricas, que como se puede ver en la figura, nos van a sacar en pantalla tanto el tiempo en segundos que el programa lleva ejecutado, como el dato numérico de la fuerza peso que es tanque lleva cargado. Al lado de estos dos botones se encuentra un dispositivo luminoso que se activa mientras se produce la carga de una de las materias primas.
4. Marcado con el número cuatro, vemos representado el botón de parada, para detener el programa, y por tanto la carga de materias primas cuando el operario lo necesite.
5. La etiqueta número 5 indica un marcador luminoso con la lectura de sobretensión. Este LED se ilumina cuando se produce una sobrecarga en el tanque de agitación, parándose automáticamente el programa. Generalmente esto no sucede, pero es una medida de precaución, por si alguna de las bombas falla en la carga de muestras.
6. La etiqueta número seis indica la ruta de archivo, donde queremos que el programa guarde la tabla de Excel en la que se registran los datos cuando activamos el botón de guardado. Esta ruta se introduce directamente con el teclado dentro del recuadro del panel frontal.

14.5.5. DIAGRAMA DE CONTROL

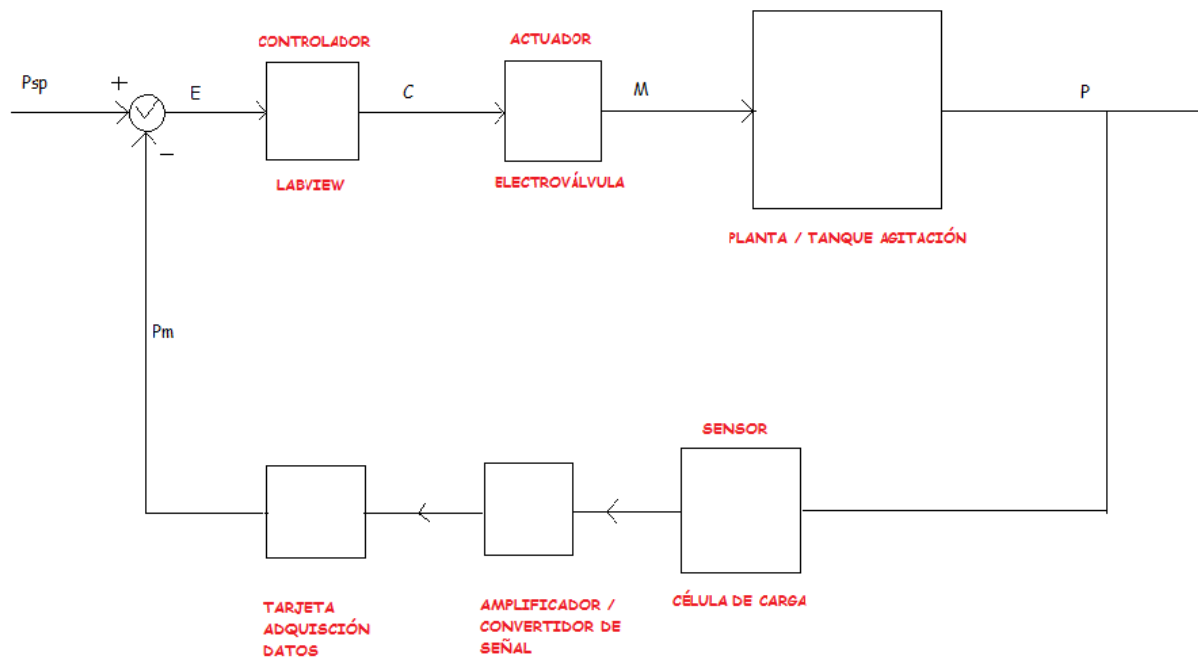


Ilustración 51. Diagrama de bloques de un sistema de control.

La ilustración 51 muestra el diagrama de control en lazo cerrado que posee la planta diseñada. El funcionamiento es el siguiente:

1. Se selecciona un peso de set point para cargar la primera materia prima.
2. El controlador, actúa en consecuencia sobre la electroválvula, y esta empieza a cargar la materia prima mediante la bomba de impulsión.
3. El tanque comienza a llenarse.
4. La célula de carga y la tarjeta de adquisición de datos, envían la señal realimentada, para corregir errores, y se repite el ciclo hasta que el tanque se llena con el peso seleccionado.

Estas acciones se repiten para cada una de las cuatro materias primas automatizadas, para las cuales, cada una tiene su elemento final de control (electroválvula con sus respectivas bombas de impulsión).

La simbología empleada es la siguiente:

- **P_{sp} :** peso set point. Es la cantidad de materia prima en kilogramos que queremos introducir en el tanque.
- **E :** es la señal de error entre el set point y la señal realimentada. La diferencia entre el peso objetivo y lo que hay en el tanque.
- **C :** señal que emite el controlador para ir corrigiendo el error y llenar el tanque correctamente.

- **M:** señal manipulada.
- **P:** es la variable controlada, es decir el peso.
- **P_m:** es la señal realimentada indica el peso en un determinado instante. Esta señal se compra con el set point para actuar en consecuencia.

Este diagrama de control en lazo cerrado es el mismo para cada una de las materias primas a cargar en el tanque de agitación, con la diferencia del set point empleado para cada una de ellas.

14.6. SISTEMA DE LIMPIEZA

El sistema de limpieza es un elemento clave, tanto en la concepción del proceso como en la fabricación de los equipos. Se han de tener siempre en cuenta las buenas prácticas de fabricación para los productos cosméticos que nos dicen que el ambiente y los equipos e instrumentos se han de mantener en buenas condiciones de higiene. Estas condiciones también varían en función al cosmético elaborado, y en el caso de las ceras depilatorias es un aspecto importante pues estas están en contacto directo con la piel.

El proceso se ha de realizar con el número mínimo de elementos para que se facilite la limpieza de los mismos. Es fundamental pasar por todos los elementos que tienen parte en la fabricación. Hoy en día, existen aparatos que proyectan agua a alta presión que garantizan una limpieza adecuada de los equipos. En el caso de las ceras, esta agua sería sustituida por aceite, que es el agente que limpia las ceras a alta temperatura.

La limpieza ha de llevarse a cabo cuando se produzca cambios de formulación en la producción o diariamente al terminar el último lote de producción.

Para el proceso que se analiza en este proyecto, es de utilidad buscar una solución de limpieza automático, dado que la planta puede producir hasta tres lotes diarios, y que según intereses de la empresa pueden ser de la cera desarrollada en este proyecto o de cualquier otra.

No obstante, la limpieza y mantenimiento de la planta, se puede llevar acabo tal y como se realiza en la actualidad en la empresa, mediante la adicción de aceite a los tanques, y aplicando calor para a retirada de restos de ceras y materias primas.

14.6.1. CLEAN IN PLACE (CIP)

En el caso de sistemas que trabajan en continuo o en depósito de difícil acceso como es el caso de este proyecto, se utiliza el sistema de lavado denominado CIP. Este sistema de lavado similar al de un lavavajillas, limpia tuberías, equipos, bombas, mangueras, etc.

Es muy utilizado en la industria alimentaria, por ejemplo, en las empresas lácteas, cerveceras, etc. y en definitiva en aquellas que necesitan un lavado continuo y programado.

A continuación se procederá a detallar como funciona este sistema de limpieza, como posible mejora del proceso a realizar.

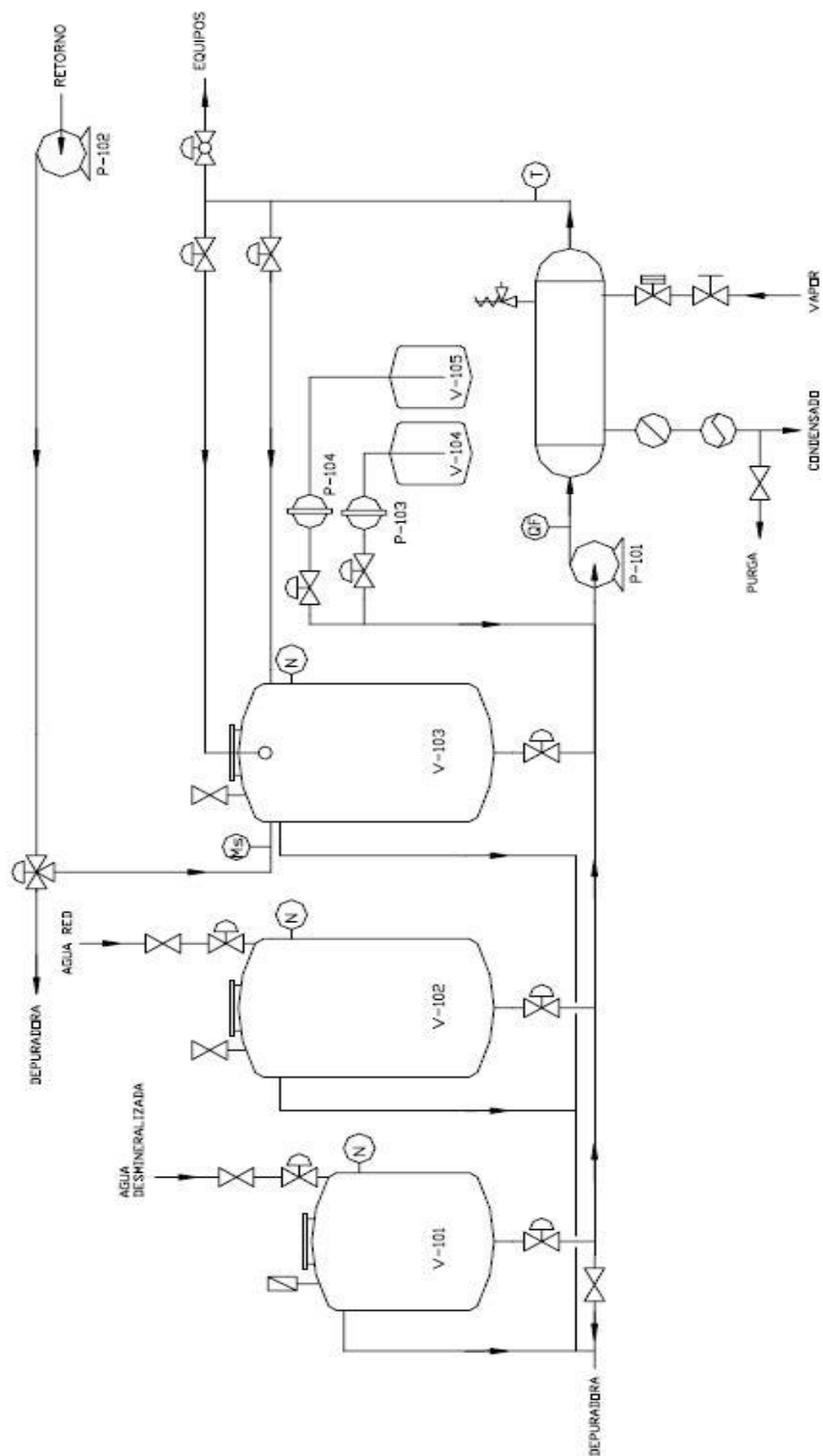


Ilustración 52. Diagrama de flujo del sistema de limpieza CIP.

La operación de los equipos que tienen lugar es:

- **V-101:** Depósito de aceite, el cual se utilizará para eliminar los restos de ceras y materias primas de los equipos, ya que estos son liposolubles. Control de nivel mediante LC.

- **V-102:** depósito de agua de la red. Siempre estará lleno gracias al control de nivel LC.

Servirá como agua de lavado para retirar los restos de aceite, después de haber retirado el material liposoluble de la cera, y posteriormente como agua de enjuagado.

- **V-103:** depósito de lavado. Es el depósito que se utilizará para hacer la recirculación del agua de lavado, tanto para su calefacción como la recirculación y corrección de la cantidad de detergente. Control de nivel con LC.

- **V-104:** depósito de detergente. Puede ser alcalino o ácido en función del producto a limpiar. De la efectividad del detergente dependerá el nivel de limpieza de los equipos y conducciones.

- **V-105:** depósito de desinfectante.

- **P-101:** bomba centrífuga sanitaria. Es la bomba encargada de enviar el aceite o agua a alta presión a los equipos. Esta bomba no ha de trabajar nunca en vacío y de eso se encarga el transductor de presión PIC.

- **P-102:** bomba centrífuga sanitaria autoaspirante. Es la bomba que recircula el agua de limpieza al depósito de lavado. Esta bomba ha de ser portátil para así colocarla debajo de cada depósito de limpieza.

- **P-103:** bomba neumática dosificadora. Su misión es dosificar detergente en función de la señal que reciba del detector de conductividad CIC.

- **P-104:** bomba neumática dosificadora. Su misión es dosificar la solución desinfectante junto con el agua desmineralizada.

- **E-101:** intercambiador de calor. Se encarga de calentar tanto el aceite como el agua de lavado para aumentar su capacidad disolvente. El funcionamiento viene regulado por la temperatura de salida del aceite y del agua que captará la sonda de temperatura TC y que actuará sobre la válvula de entrada del vapor en este caso.

El funcionamiento del sistema CIP es automático y se explica a continuación:

1. Se llena V-101 con aceite para limpieza.
2. Se llena V-102 con agua de la red.
3. Se recircula aceite hasta alcanzar una temperatura entre 110 y 120 °C.
4. Se envía el aceite a los equipos para retirar los restos de ceras y materias primas.
5. Una vez retirado los restos de cera mediante el aceite, esta se envía hacia su depuración.
6. Se llena de agua el depósito V-103 y se recircula hasta que tenga la temperatura adecuada.

7. Se envía a los equipos mientras se dosifica el detergente.
8. Se recircula el agua con detergente durante un tiempo preestablecido mientras se regula la temperatura y conductividad de la solución detergente. La temperatura de lavado ronda entre los 50 a 90 °C siempre en función del detergente.
9. Una vez finalizado el tiempo se envía el agua para su depuración.
10. Se aclara con agua del depósito V-102 que siempre ha de estar lleno y se envía al tanque V-103.

Algunos detalles del proceso automático son:

- El control se realizará por medio de un autómata programable.
- La entrada de agua de lavado se introducirá en los equipos a través de unas bolas construidas para tal fin. Estas bolas son una serie de esferas de acero inoxidable huecas con una serie de agujeros en su superficie con la misión de proyectar el aceite y el agua a gran velocidad contra las paredes de los equipos.
- Al introducir detergente en el agua, varía su conductividad, propiedad que se utilizará para regular la cantidad de detergente y mantenerla constante durante el proceso de limpieza.

Es un equipo costoso, pero muy útil, que permitiría a la empresa no solo limpiar la planta diseñada en este proyecto, si no cualquier otra de las plantas con las que cuenta sus instalaciones, al ser un sistema portátil.

En caso de fabricar la misma fórmula durante varios días seguidos, no es imprescindible limpiar la instalación.

El sistema de limpieza diseñado en el presente proyecto es fabricado y distribuido por la empresa "INOXPA" (**Anexo VII del "Anexo de Especificaciones de Equipos"**). El funcionamiento es el descrito arriba.

14.7. SISTEMAS DE CALEFACCIÓN EMPLEADO

Para el desarrollo y fabricación de una cera fría, como para cualquier otro tipo de cera, es importante el calor durante la etapa de mezclado, para que se produzca una mezcla completa y homogénea de las materias primas empleadas para tal fabricación.

Además, como ya se ha mencionado en apartados anteriores, para el diseño de esta planta, se pretende tener fundidas las materias primas, en tanques de almacenamiento, que a temperatura ambiente están en estado sólido (*Colophonium*, *Glyceryl Rosinate* y *Polyethylene*), para facilitar la automatización del proceso.

Al tratarse de una planta pequeña se ha pensado calefactar los tanques que lo necesitan, mediante resistencias eléctricas. Estas resistencias eléctricas se encuentran en el mercado en forma de láminas flexibles, y se comercializan para casos como el desarrollado en este proyecto.

Este tipo de calefacción no es excesivamente caro, y debido a que las potencias que se necesitan para fundir y mezclar las materias primas no son excesivas (Anexo III del **“Anexo de Cálculos”**), se convierte en la mejor opción, ya que la elección de un sistema de calefacción mediante camisas de vapor saturado o camisa de aceite térmico, provocarían una sobrepresión en el tanque, y por consiguiente una complejidad añadida al diseño innecesaria ya que el mercado nos ofrece posibilidades más económicas y sencillas.

Otro aspecto importante de estas resistencias laminares es su limpieza y mantenimiento, ya que al no contener líquidos de calefacción, estas no se ensucian, y por tanto, solo es necesario un mantenimiento técnico como cualquier otro sistema empleado en la industria.

➤ Resistencias laminares flexibles.

Las resistencias flexibles de goma de silicona de hilo bobinado están disponibles para cualquier tipo de diseño.

Todas las resistencias laminares flexibles están fabricadas conforme a las Directivas de la CEE de baja tensión y compatibilidad electromagnética e incorporan la marca de CE.

La goma de silicona, debido a sus excelentes propiedades de tolerancia de altas temperaturas y aislamiento eléctrico es ideal para la producción de resistencias laminares calefactoras. Las resistencias laminares flexibles se producen laminando los hilos de resistencia uniformemente espaciados entre dos hojas de goma de silicona, reforzadas con una tela de vidrio que ofrece una resistencia mecánica mejorada.

Estos calentadores de superficie son aptos para aplicaciones en las que es necesario un calentamiento exacto y uniforme. Los hilos resistivos finos se colocan exacta y precisamente sobre áreas casi de cualquier forma y tamaño, ideales para nuestros tanques de agitación y almacenamiento. El espaciado uniforme y próximo de los hilos asegura una distribución térmica uniforme sobre la totalidad del área de trabajo. La temperatura máxima de trabajo para una capa resistencia laminar de goma de silicona

es de hasta 200 °C, lo que ofrece un generoso margen de seguridad para procesos breves de sobretemperatura de hasta 230°C. Es ideal para nuestro caso, ya que nos permite alcanzar con facilidad las temperaturas de nuestro diseño.

Puesto que las resistencias laminares calefactoras de goma de silicona son finas y livianas tienen una masa térmica baja y por lo tanto se calientan rápidamente y responden con rapidez al control de la temperatura.

Las resistencias laminares calefactoras pueden fabricarse en casi cualquier tamaño y forma para adecuarse a la aplicación, incluyendo orificios y ranuras sin interrumpir la distribución uniforme del calor. También está disponible una gama de limitadores o sensores de temperatura incorporados para adecuarse a la instrumentación del cliente.

Otra gran ventaja de este sistema de calefacción es el recubrimiento autoadhesivo acrílico que posee para facilitar su colocación y montaje. Si se precisa está disponible un sistema de adhesivo de silicona.

Estos calefactores también pueden fabricarse con argollas, correas, ganchos o velcro para ofrecer más opciones de fijación.

Otra opción de fabricación de las resistencias laminares flexibles son los elementos preformados, con un mayor espesor de la capa de silicona y con una capa de fibra de vidrio, se consigue que la resistencia mantenga la forma cilíndrica deseada. Adecuada para calentamiento y mantenimiento de temperaturas en tanques y tuberías.

Por último, las resistencias laminares incorporan un capa de aislamiento de espuma de silicona que ofrece seguridad térmica al operario y minimiza las pérdidas de calor del sistema.

Para suministrar el calor necesario a cada uno de los tanques, se emplean resistencias flexibles laminares fabricadas y suministradas a medidas por la empresa *“Electricfor”* (**Anexo II del “Anexo de Especificaciones de Equipos”**).

La potencia necesaria de estas laminas para cada tanque son (**Anexo II del “Anexo de Cálculo”**):

- Potencia real del tanque de almacenamiento del adhesivo 1 (*Colophonium*): 3,385 KW.
- Potencia real del tanque de almacenamiento del adhesivo 2 (*Glyceril Rosinate*): 6,510 KW.
- Potencia real del tanque de almacenamiento del plastificante 2 (*Polyethylene*): 0,299 KW.
- Potencia real del tanque de agitación: 0,113 KW.
- Recordemos que el tanque del plastificante 1 (*Paraffinum Liquidum*) no está calefactado, pues este es líquido a temperatura ambiente.

14.8. IMPULSIÓN DE FLUIDOS A TEMPERTURA ELEVADA

Un aspecto importante es la elección de los sistemas de impulsión para la trasladar las materias primas desde sus tanques de almacenamiento hacia el tanque de agitación.

Como se menciona en apartados anteriores, para esta tarea se seleccionaran bombas de impulsión, del tipo centrífugas, que resistan tales temperaturas.

Estas bombas estarán colocadas en la planta de manera estratégica, por debajo del nivel de los tanques.

Esta posición estratégica permite a las bombas ejercer menos esfuerzos en la impulsión, y por tanto la potencia empleada será menor, además de evitar la cavitación en las bombas. Con esto eliminamos un gran problema, ya que no es necesario ni el cálculo del NPSH requerido y disponible (altura neta de aspiración positiva, requerida y disponible), ya que a cavitación no existirá, y la vida útil de las bombas no se acortará.

Es importante que las bombas de impulsión tengan un buen acabado, y que sean de un material resistente, para soportar temperaturas entre 70 y 150 °C.

No se necesitan capacidades elevadas, ya que los lotes no son de gran tamaño, recordemos que cada lote son 50 kilogramos de cera. Así, se piensa que una bomba ideal sería aquella que no tardara más de un minuto en la carga de la materia prima en cuestión.

Se necesitarán cinco bombas centrífugas, cuatro de ellas para el suministro de materias primas al tanque de agitación procedente de los tanques de almacenamiento, y otra para la descarga del producto terminado desde el tanque de agitación al tanque de descarga (**Anexo IV “Anexo de Cálculos”**).

- Bomba de suministro del adhesivo 1 (*Colophonium*): esta debe tener una potencia real de 28,279 W.
- Bomba de suministro del adhesivo 2 (*Glyceryl Rosinate*): esta debe tener una potencia real de 17,476 W.
- Bomba de suministro del plastificante 1 (*Paraffinum Liquidum*): esta debe tener una potencia real de 6,217 W.
- Bomba de suministro del plastificante 2 (*Polyethylene*): esta debe tener una potencia real de 23,872 W.
- Bomba de descarga: esta debe tener una potencia real de 1,243 W.

Las bombas necesarias tanto para el suministro de las materias como para la descarga de la cera son fabricadas y distribuida por la empresa “Inoxpa” (**Anexo XIII del “Anexo de Especificaciones de Equipos”**).

14.9. TUBERÍAS

Un aspecto importante a tratar en el diseño de esta planta, es el sistema de tuberías y las protecciones que estas requieren.

Las tuberías serán lisas de acero inoxidable 304. Este hecho es necesario en la concesión de la planta que en este proyecto se diseña, pues permitirá que no se produzcan incrustaciones de materias primas y cera en ellas.

Recordemos que esta planta tratará con resinas adhesivas y líquidas que a temperatura ambiente se vuelven sólidos los unos y muy viscosas los otros, y en el caso de no realizarse una limpieza instantánea después de utilizar la planta, y no volver a utilizarse durante días, provocaría un ensuciamiento e incrustaciones difíciles de retirar de las tuberías.

El acero inoxidable facilitará la tarea al sistema de limpieza, permitiendo que la planta presente siempre un aspecto limpio, a pesar de que se trata con materias primas y productos terminados que producen mucha suciedad a diferencia de otros productos de la industria cosmética como son las cremas, champús o geles.

Las tuberías utilizadas en el diseño de este proyecto serán de acero inoxidable 304. Tendrán un diámetro interno de 5 centímetros, y un diámetro externo de 5,3 centímetros. Se utilizarán codos de tuberías de media curvatura y reducción de 1/4 **(Anexo VIII del “Anexo de Especificaciones de Equipos”)**.

Un aspecto importante a tratar, y que está relacionado con la seguridad de los operarios, y de cualquier persona que pase por planta, es el aislamiento térmico al que debe estar sometido la planta.

Ya se mencionó que las láminas de resistencias eléctricas elegidas para calentar los tanques tanto de almacenamiento como de agitación vienen provistas de serie con una espuma de silicona, que evita las fugas de calor, haciéndolas a estas más eficientes, así como al mismo tiempo son una protección para el operario. Del mismo modo, las tuberías de la planta deben estar aisladas, para evitar quemaduras de los operarios, y en segundo plano para evitar una pérdida de calor excesiva en las tuberías.

14.9.1. AISLAMIENTO TÉRMICO

El aislamiento térmico se utiliza en la industria desde la iniciación de la era industrial, aunque el desarrollo se produjo a partir de la segunda década del siglo XX.

Las razones para la utilización del aislamiento térmico en esta instalación son, fundamentalmente por:

- a) Necesidades de proceso, ya que deben evitarse transferencias térmicas que impidan el proceso por diferencias de temperaturas no admisibles.
- b) Seguridad de las personas y bienes. Si no existe aislamiento térmico suficiente, las temperaturas superficiales externas pueden ser elevadas y provocar lesiones y accidentes en las personas. En el límite, producir efectos de combustión e incendio en materiales combustibles próximos a estas superficies.
- c) El aislamiento térmico reduce las pérdidas energéticas, de tal modo que éstas pueden llegar a ser un 2-3 por ciento de las pérdidas energéticas sin aislamiento.

Es con mucho el mejor método de ahorro de energía conocido, permitiendo la amortización del material aislante instalado en períodos de tiempo muy bajos, por ejemplo, algunas semanas.

- d) La reducción de la contaminación ambiental. La mayor parte de la energía que se utiliza en los procesos térmicos procede de la transformación de un combustible por reacción exotérmica del mismo con el oxígeno ambiental.

La composición química de los combustibles, debido a su origen orgánico, es mayoritaria en carbono (C), con porcentajes variables de hidrógeno (H), oxígeno (O), azufre (S) y nitrógeno (N) entre otros.

Por ello, el contaminante atmosférico más abundante que se produce es el dióxido de carbono (CO₂). En menores proporciones, dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), y monóxido de carbono (CO).

Para este fin, se elige como aislante térmico lana de vidrio.

➤ Propiedades térmicas de la lana de vidrio.

Un material aislante se caracteriza por el valor de su conductividad térmica; su poder aislante es tanto más elevado cuanto más pequeña es su conductividad.

La lana de vidrio es un material compuesto. El fieltro, que se forma en la cadena, está constituido por fibras entrecruzadas desordenadamente, que impiden las corrientes de convección del aire. Es evidente que la conductividad térmica del fieltro será no una conductividad sólida real, sino una conductividad aparente y que será el balance de los efectos conjugados de varios procesos de cambios de calor, que vamos a tratar de analizar a continuación:

- a) El aire inmovilizado por la red de fibras, es un volumen proporcionalmente importante; por tanto, una parte de la transmisión de calor se hará por convección.

- b) Las fibras, en contacto unas con otras, permiten la transmisión de calor por conducción.
- c) Finalmente, las fibras intercambian energía entre sí, por radiación.

La relativa importancia de estas formas distintas de cambio de calor dependen, a igualdad de temperatura en el ambiente, de:

- El diámetro de las fibras.
- La densidad aparente del producto.

La conductividad térmica resulta, en la práctica, de la combinación de la transmisión gaseosa y de la radiación; siendo despreciables las otras dos.

El valor de dicha conductividad varía de 0,032 a 0,045 W/(m·K), con un valor típico de 0,040 W/(m·K).

El espesor de lana de vidrio necesaria para aislar térmicamente las tuberías y que estas no sobrepasen 40 °C en su superficie es de 1 cm. El fabricante elegido comercializa un espesor mínimo de 1 pulgada (2,54 cm), por lo que este será el espesor de aislante utilizado (**Anexo V del “Anexo de cálculos”**).

El aislante utilizado para aislar las tuberías térmicamente y evitar así quemaduras de los operarios y la pérdida de calor en estas es fabricado por la empresa “Ratsa” (**Anexo IX del “Anexo de Especificaciones de Equipos”**).

14.10. MEDIDAS DEL CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad de la cera se realizará como actualmente se realiza en la empresa, y este se basa en la medición de la viscosidad que la cera tiene a la salida del reactor.

Actualmente, este se realiza por parte del personal de calidad en el laboratorio mediante una muestra tomada del tanque. Este procedimiento implica una sobrecarga de trabajo para el personal de calidad, el cual le resta tiempo para otras tareas.

En este proyecto, como se dice en apartados anteriores, se pretende agilizar esta tarea, de forma que no requiera tiempo por parte de personal de la empresa para comprobar que la cera está dentro de especificaciones.

Para ello se sitúa en la línea de descarga de la cera, un viscosímetro en línea, el cual directamente nos da información de la viscosidad de la cera a la temperatura de descarga de esta (90-100°C), integrándose directamente en la tubería de descarga.

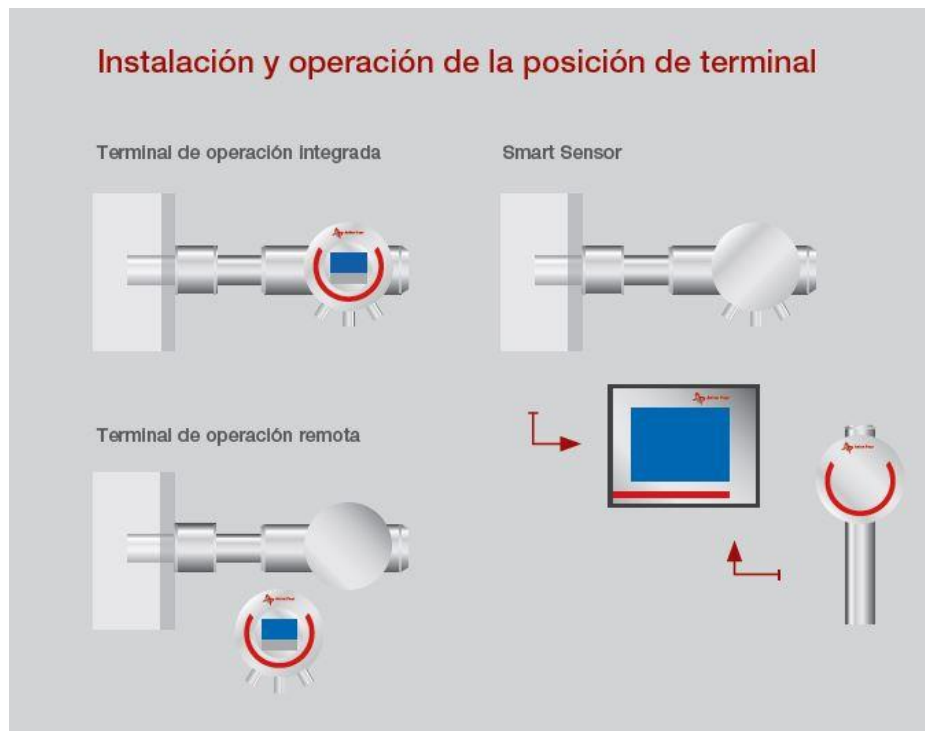


Ilustración 53. Instalación en tubería del viscosímetro en línea.

La ilustración 53, muestra las diferentes formas de instalar el viscosímetro adquirido para el control de calidad de nuestras ceras.

El viscosímetro en línea adquirido es fabricado y suministrado por la empresa “Anton-Paar” (**Anexo IV del “Anexo de Especificaciones de Equipos”**).

Para nuestro caso, se utilizara la operación integrada, pues al tratarse de una planta pequeña, el display del viscosímetro se encontrará a mano, no teniendo la necesidad de colocarlo en otra superficie de la planta.

14.11. SISTEMA DE VÁLVULAS

En la planta fluyen fluidos entre unas unidades y otras, por lo que se hace imprescindible el uso de válvulas que permitan regular o cortar el paso del fluido en caso de:

- Tener que limpiar la unidad.
- Averías.
- Determinación de fallos de operación que obliguen a parar la planta.
- Etc.

A la salida de cada tanque de almacenamiento se colocan una electroválvula que permiten automatizar el proceso, mediante el sistema de control descrito en apartados anteriores.

Las electroválvulas utilizadas para la automatización y carga de las materias primas al tanque principal de agitación son fabricadas y distribuidas por la empresa “Automatic Control Valves”, estas están situadas a la salida de cada tanque de almacenamiento **(Anexo XV del “Anexo de Especificaciones de Equipos”)**.

Por su parte, el tanque de agitación principal posee una válvula de corte a la salida de este, del tipo mariposa, la cual el operario manipulará cuando vaya a descargar el producto.

La válvula utilizada en el tanque principal de agitación es fabricada y distribuida por la empresa “Saidi”, estas están situadas a la salida de cada tanque de almacenamiento **(Anexo XIV del “Anexo de Especificaciones de Equipos”)**.

14.12. MODO DE OPERACIÓN EN PLANTA

A continuación se explica cómo es la operación de la planta para cada lote, intentando explicar cada paso que el operario debe dar.

En primer lugar, se encienden las láminas eléctricas que cubren los tanques de alimentación y agitación, la cual aportarán a cada tanque la temperatura necesaria, como se ha mencionado anteriormente y que será detallada en la memoria de cálculo.

Acto seguido, se procede a la carga de materias primas en los tanque de alimentación, para su fundición y el posterior transporte hacia el tanque principal, una vez alcanzada la temperatura de consigna.

A continuación, se activa la agitación en el tanque principal, quedando esté listo para homogenizar y mezclar todas las materias primas que conforman la base de la cera a producir.

A partir de aquí, para producir la cera solo es necesario la intervención del programa cargado en *LABVIEW*, el cual el operario supervisará. Este programa actuará de la siguiente manera:

1. Alcanzada la temperatura de consigna en todos los tanques, *LABVIEW* carga el plastificante 1 (*Paraffinum Liquidum*), activando la bomba número 3.
2. Cuando se ha cargado la cantidad de plastificante 1 (*Paraffinum Liquidum*) necesario para los 50 kilogramos que constituyen el lote, y la célula de carga transmita que se ha llegado a dicho peso de aceite, se desactivará la bomba 3, parando la carga de plastificante 1.
3. A continuación se carga mediante la bomba número 4 el plastificante 2 (*Polyethylene*), una vez llegado al peso, como antes, se desactiva la bomba 4.
4. A continuación se realiza el mismo procedimiento con los adhesivos, *Colophonium* y *Glyceryl Rosinate*, mediante las bombas 1 y 2.

Cuando se ha mezclado completamente todas las materias primas, y el operario considere que la mezcla es perfecta (esto sucede a los 9,5 minutos, aunque será el operario quien decida si la homogenización es completa o no), el operario añadirá el colorante que contiene la fórmula al tanque de agitación manualmente, y continuará en agitación hasta completa homogenización. El tiempo estimado de agitación según los cálculos recogidos en el Anexo II del “**Anexo de Cálculo**” será de 9,5 minutos.

Obtenida la base de cera más colorante en el tanque principal, se retira la calefacción del tanque de agitación, y mediante la bomba de descarga, bomba número 5, se descarga la cera hacia el tanque de almacenamiento, para la adición del perfume y extractos. Esta adición será manual, cuando la temperatura de la base sea inferior a 90 °C, para así evitar la degradación de estos. En este paso, el operario introducirá agitación manual para la mezcla.

15. ASPECTOS AMBIENTALES

Al considerar el efecto medioambiental que este tipo de procesos presenta, nos lleva a la limpieza que los equipos requieren. El aceite que arrastrará la cera que quede adherida en los equipos y tuberías, así como el detergente empleado para retirar los restos de aceite y completar la limpieza de la planta, si no son correctamente tratados, producen un daño considerable al medioambiente.

Así, para el caso de aceite contaminado, estos se envasan y etiquetan de forma correcta, para su posterior traslado y tratamiento por parte de empresas externas. Cada limpieza supone un gasto aproximado de 5 kilogramos de aceite, cantidad que no supone ningún esfuerzo extra a la empresa para su tratamiento a través del convenio con la empresa externa que gestiona tales residuos.

El caso del detergente, es tratado directamente en la empresa, mediante una depuradora de bases, por lo que de este modo, el agua queda purificada una vez devuelta a su cauce.

Un último aspecto a considerar es la contaminación acústica producida por los motores de los equipos y por las bombas de impulsión. Por este hecho, el motor de la agitación empleado gira a bajas velocidades no presentando así problemas de elevado nivel sonoro para los operarios de la planta. No obstante, será necesario por parte de los operarios el uso de sus EPI's (equipos de protección individual), que incluyen protección sonora, visual, cascos, etc.

16. CONCLUSIONES

Como se ha podido comprobar, el mercado cosmético está en constante crecimiento, generando productos con un alto valor añadido. No es de extrañar por tanto que una empresa se vea en la necesidad de aumentar su capacidad de producción y diseñar así plantas de apoyos que le sirvan para la prueba de nuevas fórmulas así como para ayudar en picos de alta producción.

La correcta aplicación de las normas y las buenas prácticas de fabricación, nos asegurarán el éxito en la fabricación de la cera, tanto si evaluamos el proceso como los equipos que intervienen en el mismo.

Se ha detallado el proceso de fabricación de una cera fría depilatoria para su posterior dosificación en bandas, desde el nivel conceptual hasta llegar al detalle de los elementos últimos que componen el proceso, así como los servicios necesarios para su correcto funcionamiento.

También se detallan las instrucciones pertinentes o modo de operación a seguir para una correcta fabricación de la cera profundizando en los aspectos más relevantes y críticos del proceso, como es la agitación y la calefacción.

Se ha dado un paso más allá, y se ha automatizado el sistema de pesaje de las materias primas, así como su suministro al tanque de agitación, permitiendo una mayor autonomía a la planta, y una menor dependencia del operario.

Siguiendo la misma tónica de especificación de las operaciones, se ha detallado la de limpieza de los equipos, mediante un sistema de limpieza in situ (*Clean in Place*), evitando así la necesidad de desmontar componentes de la planta para su limpieza, y asegurando que esta quede en perfectas condiciones en cuanto a la higiene se refiere.

Se han diseñado los equipos, para buscar directamente las especificaciones que queremos en nuestra planta.

Se han detallado aspectos básicos de la construcción de los equipos y finalmente se ha realizado un presupuesto desde el punto de vista del fabricante del equipo para la entrega del proyecto llaves en mano.

ANEXOS DE LA MEMORIA

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO DE LA EXPERIMENTACIÓN

ANEXO I. ALGORITMO DE YATES	170
ANEXO II. SOFTWARE IMAGE J.....	172
ANEXO III. SOFTWARE MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYO (TRAPEZIUMX)	176
ANEXO IV. CONOCIMIENTOS PREVIOS DE REOLOGÍA.....	181

ANEXO DE CÁLCULOS

ANEXO I. DISEÑO DE TANQUES	197
ANEXO II. SISTEMA DE AGITACIÓN Y MEZCLA	207
ANEXO III. SISTEMA DE CALEFACCIÓN.....	211
ANEXO IV. SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN Y DESCARGA	218
ANEXO V. AISLAMIENTO DE TUBERÍAS	236
ANEXO VI. FIGURAS	242

ANEXO DE ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS

ANEXO I. SISTEMA DE AGITACIÓN ÁNCORA	248
ANEXO II. RESISTENCIAS LAMINARES PARA INTERCAMBIO DE CALOR	249
ANEXO III. SENSOR DE TEMPERATURA.....	251
ANEXO IV. VISCOSÍMETRO EN LINEA DE PROCESO	253
ANEXO V. TANQUE PARA MATERIAS PRIMAS	256
ANEXO VI. TANQUE DE DESCARGA	258
ANEXO VII. SISTEMA DE LIMPIEZA CLEAN IN PLACE (CIP)	260
ANEXO VIII. RED DE TUBERÍAS	263
ANEXO IX. AISLAMIENTO DE TUBERÍAS	266
ANEXO X. CÉLULA DE PESAJE	271
ANEXO XI. CONVERTIDOR DE SEÑAL	274
ANEXO XII. TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS	277
ANEXO XIII. BOMBAS CENTRÍFUGAS	301
ANEXO XIV. VÁLVULA MARIPOSA	306
ANEXO XV. ELECTROVÁLULAS	310
ANEXO XVI. ORDENADOR PORTATIL PARA EL CONTROL MEDIANTE LABVIEW Y TRATAMIENTO DE DATOS	313

ANEXOS DE ESPECIFICACIONES DE LAS MATERIAS PRIMAS

ANEXO I. COLOPHONIUM316

ANEXO II. GLYCERYL GUM ROSINATE317

ANEXO III. PARAFFINUM LIQUIDUM320

ANEXO IV. POLYETHYLENE322

ANEXOS DE LA EMPERIMENTACIÓN

ANEXO I. ALGORITMO DE YATES

Como se menciona en la Memoria Descriptiva de este proyecto, se utiliza como método de cálculo de efectos en el Diseño Estadístico de Experimentos el Algoritmo de Yates. Es un método sistemático, que permite calcular todos los efectos y medias de manera mucho más rápida. A continuación se explica brevemente los pasos en los que consiste:

1. Escribimos la matriz de diseño en orden estándar.
2. Escribimos la variable respuesta, procedente de la experimentación.
3. Escribimos dos columnas auxiliares de cálculo que corresponden al algoritmo de Yates. (Más abajo se explica cómo se calculan).
4. Escribimos otra columna para los divisores.
5. Escribimos otra columna de estimación, que se calcula dividiendo la columna (2) entre la columna divisor.
6. Por último, escribimos otra columna de identificación, la cual, como su propio nombre indica nos sirve para poder identificar a qué efectos corresponde cada valor obtenido en la columna de estimación. Aquí es muy importante el orden.

A continuación vamos a explicar cómo se procede al cálculo de las columnas auxiliares (1) y (2).

El procedimiento es el siguiente:

Para calcular la columna (1), debemos sumar de dos en dos los valores de la columna de la respuesta estudiada y colocarlos en orden en las dos primeras casillas, para las dos segundas el procedimiento es el mismo pero restando de dos en dos al segundo valor el primero.

Con la columna (2), se procede de igual forma, pero a partir de la columna (1).

En la tabla se describe el procedimiento:

EXPERIMENTOS	% ADHESIVO	GRAMAJE	RESPUESTA	(1)	(2)	Divisor	Estimación	Identificador
1	+	+	y1	y1+y2	(y1+y2)+(y3+y4)	4	Dividir columna (2) entre divisor	Media
2	+	-	y2	y3+y4	(y2-y1)+(y4-y3)	2		% Adh-Gram
3	-	-	y3	y2-y1	(y3+y4)-(y1+y2)	2		% Adhesivo
4	-	+	y4	y4-y3	(y4-y3)-(y2-y1)	2		% Gram

Tabla 1. Algoritmo de Yates.

ANEXO II. SOFTWARE IMAGE J

ImageJ es un programa de procesamiento de imágenes de Java el cuál es de dominio público (software libre). Ha sido diseñado con una arquitectura que permite su mejora a través de plugins y macros de Java. De esta manera, es posible resolver muchos problemas mediante el procesamiento de imágenes y su posterior análisis.

ImageJ permite la visualización, edición, análisis, procesamiento, archivar e imprimir imágenes de 8, 16 y 32 bits. Así mismo, permite la lectura de diferentes formatos, incluyendo entre ellos TIFF, GIF, JPEG, BMP, DICOM, FITS y RAW.

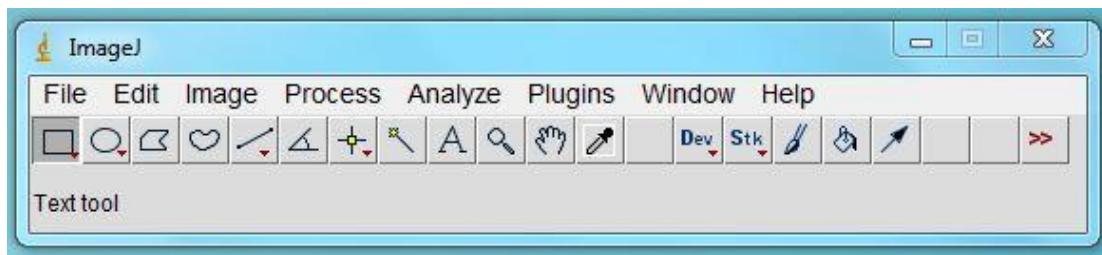


Ilustración 1. Panel principal ImageJ.

Para ello, el ImageJ se apoya en el uso de "stacks", es decir, una serie de imágenes que comparten una única ventana. Cabe destacar el hecho de que es *multithreaded*, de modo que permite que se puedan realizar operaciones de consumo intensivo de tiempo mejorando ampliamente su rendimiento en sistemas con múltiples CPU'S aplicando algoritmos en paralelo.

Permite el cálculo del valor de un píxel determinado y el de estadísticas definidas por el usuario, así mismo, puede medir distancias y ángulos, crear histogramas de densidad. Es compatible con las funciones de procesamiento estándar de imágenes, tales como las operaciones lógicas y aritméticas entre imágenes (uso que se le va a dar), manipulación de contraste, convolución, análisis de Fourier, contraste, nitidez, suavizado, borde de detección y filtrado de mediana.

Es interesante mencionar que el programa soporta cualquier número de ventanas (imágenes) de manera simultánea, limitado solamente por la memoria disponible. Dispone de calibración de la densidad o escala de grises. Su arquitectura de plugins y el hecho del entorno de desarrollo que posee lo han convertido en una plataforma popular para la enseñanza de uso de la imagen.

APLICACIÓN IMAGEJ. PROCEDIMIENTO DE ESPARCIMIENTO

En este apartado se expone cómo se va a utilizar este software con el objetivo de calcular las áreas esparcidas en una banda de cera fría.

Como se explica en apartados anteriores, este método consiste en acelerar el proceso de esparcimiento de una banda de cera fría. Para ello se necesita del uso de un horno a temperatura de 85 °C de set point.

El proceso consiste en medir el esparcimiento, mediante ImageJ, cuando las bandas de cera han sido sometidas a temperaturas de 85 °C, durante periodos de quince minutos. Esta experimentación se realiza por triplicado, con el objetivo de minimizar errores, teniendo así tres bandas para un mismo punto.

Inicialmente, antes de introducir las bandas en el horno, se les marca su contorno inicial, y posteriormente, cuando ha sufrido el proceso de esparcimiento, se vuelve a rotular, en este caso, el área final.

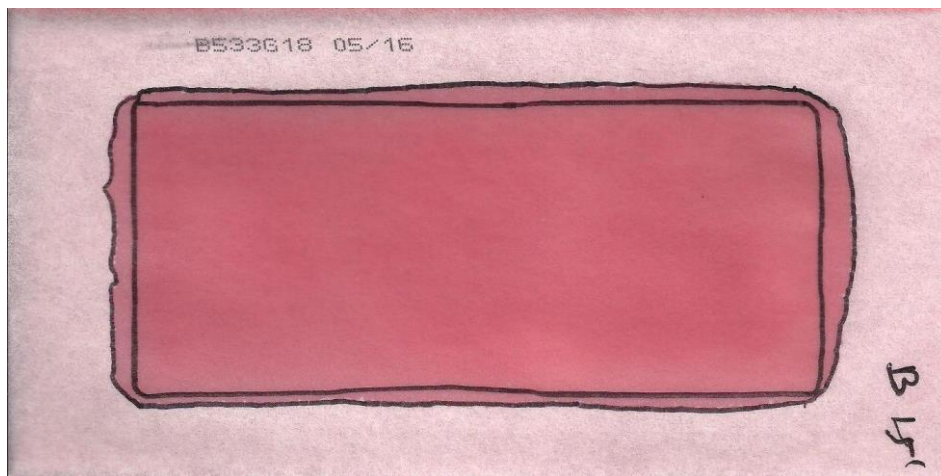


Ilustración 2. Imagen de la banda de cera sometida al proceso de esparcimiento. Posteriormente se realiza el cálculo mediante ImageJ del área esparcida.

Los pasos a seguir para la utilización del software con el objetivo expuesto anteriormente, es el siguiente:

- 1) En primer lugar se abre el software, y se arrastra la imagen de la banda escaneada.
- 2) Se cambia la escala de pixels a mm², para ello, se hace click en Analyze → Set Scale.

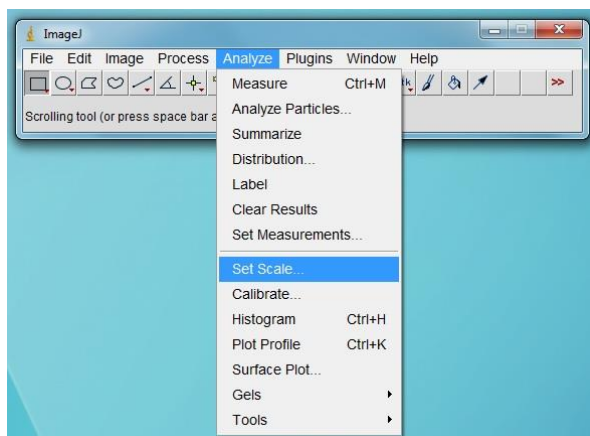


Ilustración 3.

A continuación, se selecciona la escala real, y se ajustan los pixeles de la imagen a la medida real de la imagen. Este paso es muy importante, pues es a partir de aquí, como el programa realiza los cálculos para determinar el tamaño de las áreas seleccionadas.

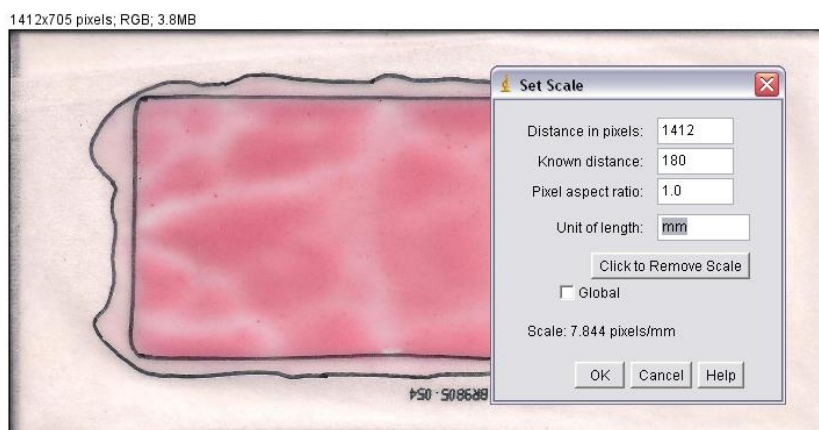


Ilustración 4. Ajuste de escala en ImageJ.

En “Distance in pixels” se pondrá la medida que aparece en el marco superior izquierdo de la imagen perteneciente a la longitud. En “Known distance” se pondrá la medida de la longitud de la banda (en mm).

En “Pixel aspect ratio” dejar el valor que aparece por defecto. Y por último, se cambia a mm las unidades de medida en “Unit length”.

- 3) Una vez definida la escala, se selecciona la herramienta “Polygon section”. Con esta herramienta, marcamos el perímetro del área inicial. Una vez seleccionada, pulsamos *Analyze > Measure*, y se anota el valor obtenido. A continuación se repite el mismo paso para el perímetro del área final.
- 4) Finalmente, aplicando la ecuación descrita en el apartado del DEE para el esparcimiento, se calcula el área esparcida:

$$\% \text{ *Esparcimiento* } = \frac{\text{Área final} - \text{Área inicial}}{\text{Área inicial}} \cdot 100$$

En el caso, que durante el proceso de esparcimiento, una banda de cera fría de muy mala calidad, sobresalga de la banda, se considera que esta está totalmente esparcida, debido a la imposibilidad de conocer la cantidad de cera que se ha salido fuera de la banda y por tanto el consiguiente error que supone su medida.

ANEXO III. SOFTWARE MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYO (TRAPEZIUMX)

Trapezium X es el software que utiliza la maquina universal de ensayo que se emplea en el presente proyecto para determinar el Peel Force (fuerza de apertura) de las bandas de cera fría desarrolladas.

La máquina universal de ensayo es de la marca Shimazu, y en ella se es capaz de desarrollar infinidad de métodos para análisis en el laboratorio.

El Peel Force, tiene como base el desarrollo y adaptación de un ensayo de tracción tradicional. En él, no se miden deformaciones, ni alargamientos, ni módulos elásticos, al contrario que en un ensayo de tracción convencional para probetas metálicas.

Es un ensayo de tracción, en el que se mide la fuerza necesaria para la apertura de la banda.

El método de determinación del Peel Force, tiene una serie de pasos claves a la hora de reproducirlo.

- Preparación de la muestra.

Se prepararán un mínimo de tres muestras para ver que el ensayo es repetitivo. Se tomará uno de los extremos de cada banda y se doblará de manera que esta quede con forma de “T”, como se muestra en las siguientes imágenes:



Ilustración 5. Preparación de las muestras.

De esta manera se facilita la inserción de la banda en las mordazas del equipo para realizar el posterior ensayo.

Realizado esto, se configura el ensayo en el software, para ello seleccionamos el método *Peel Force*.

Una vez en el método seleccionado, se configuran los siguientes comandos:

- 1) Se introducen los datos de la muestra: la identificación de la muestra en cuestión, las dimensiones de la vela de cera y la temperatura. Como norma general, las medidas se realizarán por triplicado.

Sizes:

Represent AutoNo. Reset No.

	Name	Width	Weight
		[M]	
1- 1	C13300	50,0000	1,0000
1- 2	C13303_2	50,0000	1,0000
1- 3	C13303_3	50,0000	1,0000

Ilustración 6. Identificación de las muestras.

- 2) Una vez identificada la muestra, y configurado el *report* o informe que se obtendrá cuando se termine la prueba, aparece la siguiente pantalla.

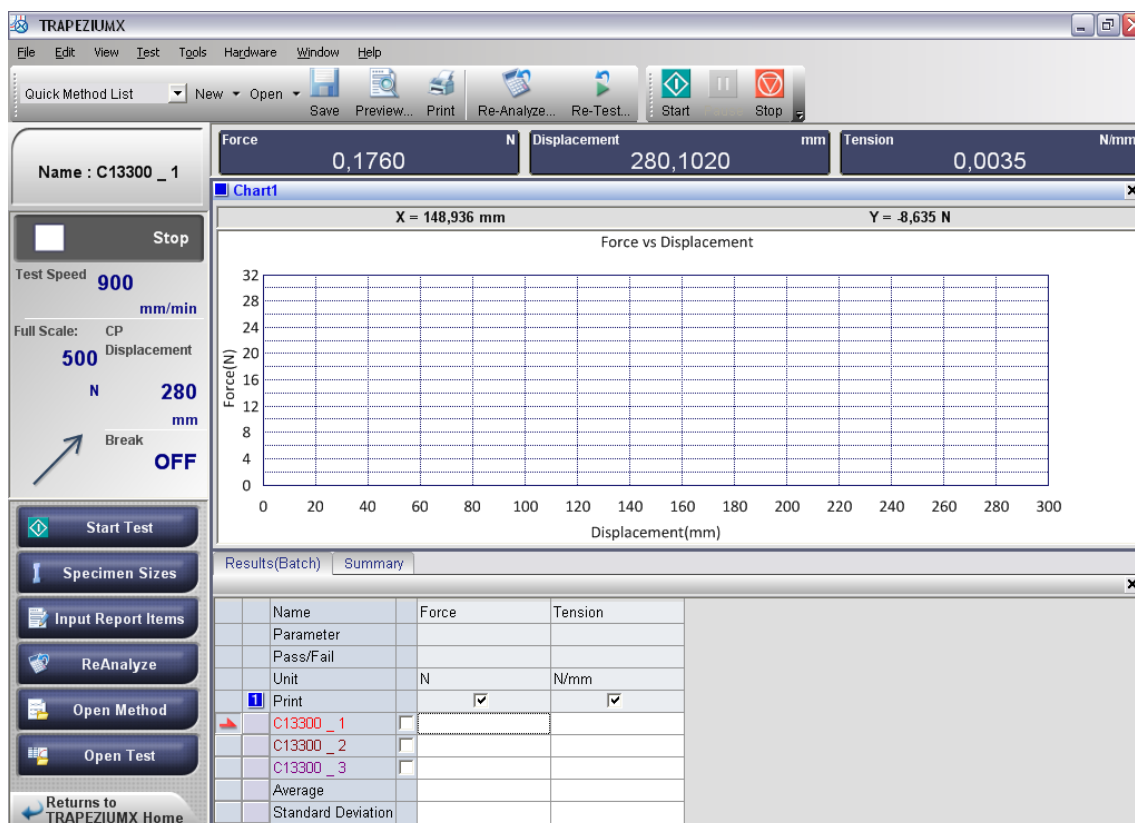


Ilustración 7. Panel de funcionamiento de Trapezium X para la medida de Peel Force.

En este panel se muestran los resultados obtenidos en el ensayo: resistencia a la separación (N) y tensión (N/mm). En la parte superior aparecerá una gráfica que representará los datos de fuerza frente al desplazamiento, como se muestra en el siguiente gráfico.

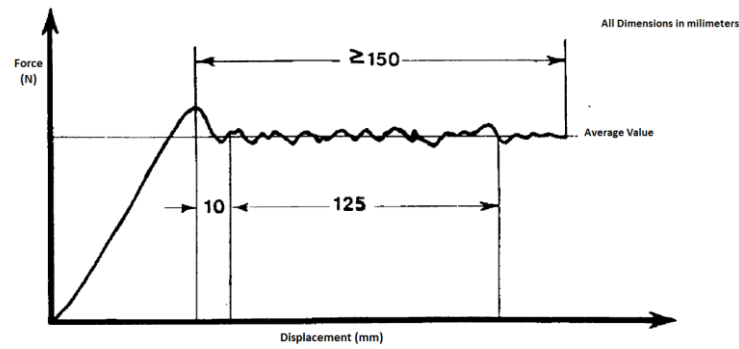


Ilustración 8. Gráfica de Peel Force teórico.

En la ilustración 8, se observa cómo evoluciona la fuerza durante la apertura de la banda de cera, a una velocidad constante frente al desplazamiento. Esta velocidad es la normal de apertura, y se determina que es 900 mm/min, la cual puede ser modificada.

La zona de la gráfica que determina el *Peel Force real* es la zona donde la curva es horizontal y la cual al finalizar el ensayo se acota para determinar el valor de *Peel Force*.

La parte inicial de la gráfica son los milímetros iniciales en el cual sobre el non-woven no hay depositada cera.

- 3) A continuación, se coloca la banda en la máquina y se ajusta esta para iniciar el ensayo.



Ilustración 9. Colocación muestra.

- 4) Una vez sujeta la muestra, se comprueba que la banda está a la temperatura deseada (25 °C), pues la medida del *Peel Force* está fuertemente influenciada por la temperatura, ya que el adhesivo de la fórmula pierde propiedades de adhesión al aumentar la temperatura, volviéndose la cera más blanda y fluida, perdiendo así viscosidad y adhesividad.

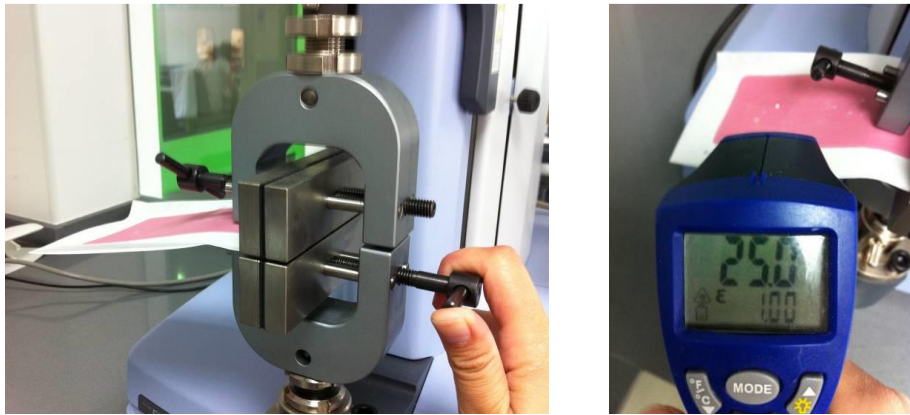


Ilustración 10. Comprobación de la temperatura de la muestra.

- Preparación del equipo y software.

- 1) Una vez finalizado el montaje, se calibra la fuerza y la tensión, a través de Trapezium X, haciendo click sobre estas variables en la pantalla principal (ilustración 11).

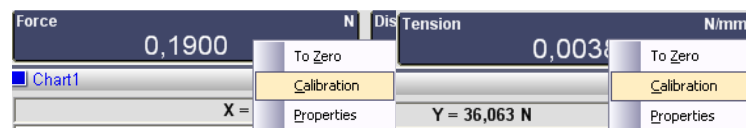


Ilustración 11. Calibración de la fuerza y tensión.

- 2) Una vez calibrado tanto la fuerza como la tensión, se hacen ceros todas las variables (fuerza-desplazamiento-tensión), y se inicia el ensayo (ilustración 12).

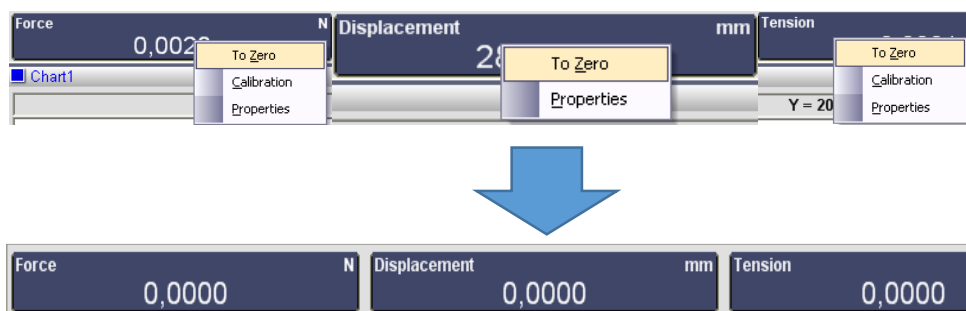


Ilustración 12. Ceros de las variables que determinan la medida del Peel Force.

- 3) Finalmente, se inicia el ensayo.

- Tratamiento de los resultados.

- 1) Finalmente, cuando se haya acabado el ensayo, aparecerán en la pantalla los datos de fuerza, tensión y las gráficas de las distintas muestras:

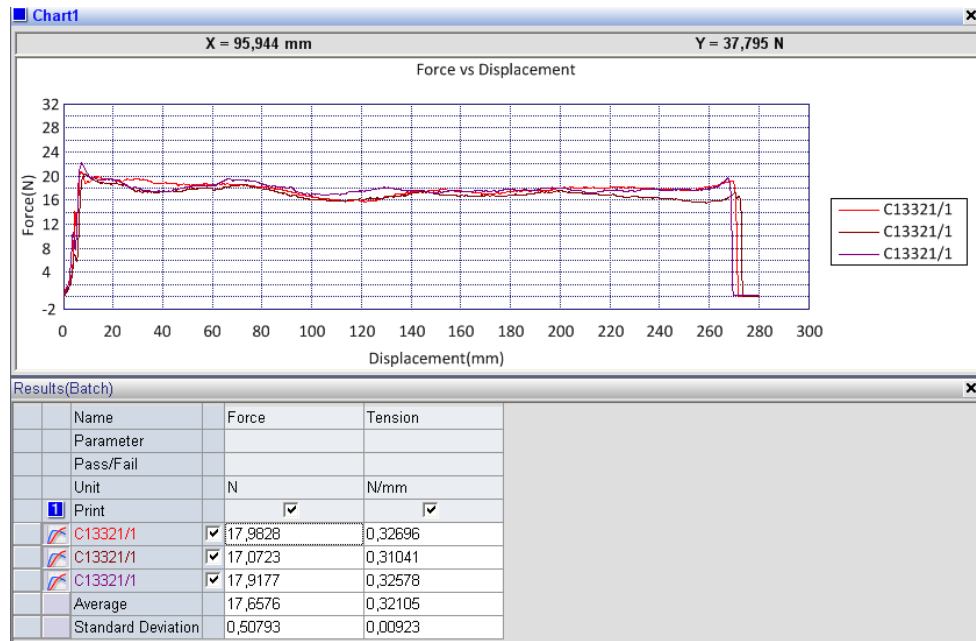


Ilustración 13. Pantalla principal con los datos de PF obtenidos.

- 2) Se puede observar en las gráficas, que tanto al inicio del desplazamiento como al final hay una caída de fuerza, debido a que son los instantes en los que el equipo empieza a separar la banda y también cuando ha terminado de separarse, por lo que esos datos de fuerza no son representativos, y por tanto se eliminan. Para ello se hace “click” con el botón derecho del ratón sobre el gráfico y deseccionamos la opción Overlay para ajustar las gráficas una a una.

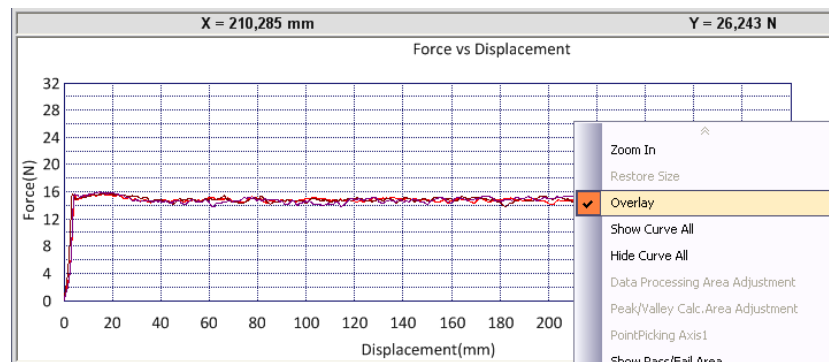


Ilustración 14.

Presionar el botón derecho del ratón sobre el gráfico y se selecciona la opción “Data Processing Area Adjustment”. Esta opción es la que permite seleccionar el tramo de curva representativa, para que el software recalculé la fuerza y tensión necesaria durante la apertura de la banda de cera.

ANEXO IV. CONOCIMIENTOS PREVIOS DE REOLOGÍA

1. CLASIFICACIÓN DE LOS FLUIDOS SEGÚN SU COMPORTAMIENTO REOLÓGICO

El comportamiento reológico de los fluidos permite hacer una clasificación de los mismos atendiendo a la relación existente entre las tensiones tangenciales que actúan sobre el mismo y la deformación que estas tensiones producen.

- Fluidos newtonianos: son todos los fluidos en los que la relación entre la tensión tangencial y la velocidad de deformación es lineal (Ley de la viscosidad de Newton):

$$\tau = \eta \cdot \gamma$$

Donde la constante de proporcionalidad es la viscosidad del fluido. De acuerdo con esta ecuación, la representación gráfica es una recta que pasa por el origen y cuya pendiente es η (ilustración 1).

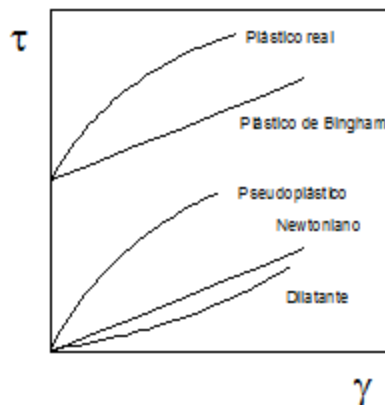


Ilustración 1. Representación tensión-deformación de los diferentes fluidos.

En los fluidos newtonianos la viscosidad es una propiedad física, y depende de la naturaleza y estado físico del fluido, y de las condiciones de presión y temperatura.

- Los fluidos no newtonianos tienen como principal característica que en ellos la viscosidad no es una propiedad física ya que depende del valor del esfuerzo, y a veces del tiempo de aplicación del esfuerzo, además de variar con los diferentes factores mencionados en los fluidos newtonianos. Por ello, el valor de la viscosidad para un determinado esfuerzo se le denomina viscosidad aparente, que se puede calcular como el cociente entre el esfuerzo de corte y la velocidad de deformación:

$$\tau = \eta_a \cdot \gamma \Rightarrow \eta_a = \tau / \gamma$$

En el transcurso del desarrollo del proyecto, se usará indistintamente el término viscosidad para referirse a la viscosidad aparente.

Se pueden clasificar los distintos tipos de fluidos no newtonianos en dos grandes grupos:

1. Fluidos no dependientes del tiempo $\eta_a = f(\gamma)$

- Pseudoplásticos: la viscosidad disminuye cuando aumenta la deformación (si $\gamma \uparrow$, $\eta_a \downarrow$).
- Dilatantes: la viscosidad aumenta cuando aumenta la deformación (si $\gamma \uparrow$, $\eta_a \uparrow$).
- Plásticos de Bingham: si $\tau > \tau_0$ se comportan como newtonianos, siendo τ_0 la tensión tangencial crítica. En cambio, para $\tau < \tau_0$ su comportamiento es semejante al de un sólido.
- Plásticos reales: si $\tau > \tau_0$ se comportan como fluidos pseudoplásticos o dilatantes, mientras que para $\tau < \tau_0$ se comportan como sólidos. (Ver ilustración 1).

2. Fluidos dependientes del tiempo: $\eta_a = f(\gamma, t)$

La característica fundamental es que, además de las variables que influyen en los fluidos no dependientes del tiempo, la viscosidad aparente depende del tiempo de aplicación del esfuerzo.

Pueden ser de dos tipos:

- Tixotrópicos: la viscosidad disminuye si aumenta el tiempo de aplicación del esfuerzo ($\eta_a \downarrow$ si $t \uparrow$). Cuando deja de someterse a esfuerzo recupera su viscosidad con el tiempo (ensayo de tixotropía).
- Reopécticos o reopéxicos: la viscosidad aumenta si aumenta el tiempo de aplicación del esfuerzo ($\eta_a \uparrow$ si $t \uparrow$).

Un fluido de este grupo es una combinación de estos dos últimos casos con alguno del grupo anterior. Un ejemplo muy frecuente son los fluidos pseudoplásticos y tixotrópicos.

Como se verá en el desarrollo de la caracterización de la cera, esta es pseudoplástica y tixotrópica.

2. PARÁMETROS REOLÓGICOS

Para la caracterización reológica de la cera, mediante el reómetro, es importante definir una serie de parámetros que nos permitan entender de manera más clara cada ensayo, en qué grupos se dividen estos ensayos y que propiedades se miden. En el siguiente apartado se explicara cuidadosamente en que consiste cada uno de los ensayos que se van a realizar para la caracterización reológica, que tipo de ensayos son, y que significado tienen cada parámetro calculado.

De este modo, se definen:

- Esfuerzo de corte o *shear stress* (σ).

Es la fuerza que se aplica tangencialmente a un cuerpo, por unidad de área. Su unidad de medida es en Pa (N/m^2).

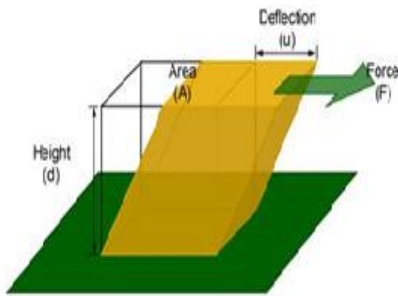


Ilustración 2.

$$\text{Shear Stress } (\sigma) = \frac{\text{Fuerza, } F}{\text{Área, } A} = \frac{N}{m^2}$$

- Deformación de corte o *shear strain* (γ).

Se define como el ángulo de cambio de la forma de un fluido o sólido. Tal deformación se mide en porcentaje.

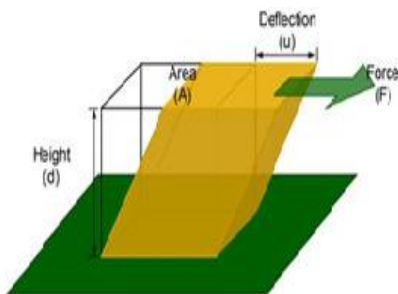


Ilustración 3.

$$\text{Shear Strain } (\gamma) = \frac{\text{Desplazamiento, } y}{\text{Espesor, } x} = \frac{m}{m}$$

- Velocidad de deformación o *shear rate*.

Se define como la velocidad a la que se produce cierta deformación. Su unidad es (s⁻¹).

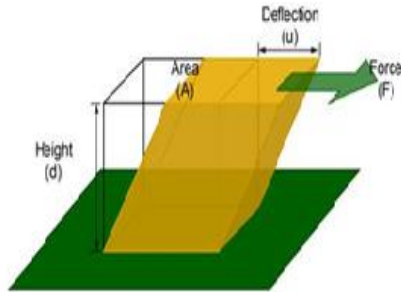


Ilustración 4.

$$\text{Shear Rate} = \frac{\text{Velocidad}, v}{\text{Espesor}, x} = \frac{m/s}{m} = \frac{1}{s}$$

- Viscosidad dinámica (η).

Un líquido es definido por su viscosidad dinámica. Esta se define como el cociente entre shear stress y shear rate. Es lo que antes llamamos viscosidad aparente, y se conoce por viscosidad. Su unidad de medida es Pa·s, cP, etc.

$$\text{Viscosidad } (\eta) = \frac{\text{Shear Stress}}{\text{Shear Rate}} = Pa \cdot s$$

- Módulo G*

Un sólido es descrito por su rigidez. Esta viene dado por el Shear Modulus Complex (G*). Su unidad de medida es el Pascal.

$$G^* = \frac{\text{Shear Stress}}{\text{Shear Strain}} = Pa$$

3. REÓMETRO ROTACIONAL

Para la caracterización de la cera fría desarrollada, se va a usar un reómetro rotacional de la marca *Kinexus*. Son aparatos que se utilizan para medir la reología de los materiales. Están constituidos por dos platos, siendo el móvil el plato superior, y fijo el plato sobre el que se deposita la muestra. Ya que los mismos permiten someter al material a diferentes tipos de deformaciones controladas y medir los esfuerzos o viceversa. Por ello, cuando se realiza un determinado ensayo se habla de *control stress* o *control rate*:

- Control stress (CS): se controla el esfuerzo que se le aplica a la muestra, y se mide como respuesta la velocidad de deformación (shear rate).
- Control rate (CR): en este caso, lo que se controla es la velocidad a la que la muestra es deformada, y se mide como respuesta el esfuerzo que supone en cada momento.

En el siguiente apartado, se expondrán los ensayos desarrollados, y en ellos el tipo de control usado.

4. CLASIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS DEL REÓMETRO

Los ensayos que se van a llevar a cabo en la caracterización reológica de la cera, se dividen en dos grandes grupos, bien diferenciados, que dan información diferente y complementaria. De este modo, se clasifican en ensayos rotatorios y ensayos oscilatorios.

- Ensayos rotatorios.

Son aquellos que como su propio nombre indica, el plato superior gira sobre el inferior. Son ensayos destructivos, en el que la deformación de la muestra es permanente.

Se utiliza para medir propiedades macroscópicas como la viscosidad. Dentro de estos ensayos se estudian, *la curva de flujo*, *el ensayo de tixotropía* y *el punto de flujo*, los cuales se definirán más adelante.

Los parámetros claves en estos ensayos son:

- Viscosidad, que ya fue definida en apartados anteriores, y que se estudia su evolución cuando se somete a una fuerza impulsora, como son un esfuerzo o una variación de temperatura.
- *Zero viscosity*, que da información de la viscosidad del fluido cuando las velocidades de deformación (shear rate) o esfuerzos de corte (shear

stress) son muy pequeñas. No todos los fluidos viscoelásticos tienen por qué tenerla.

- *Shear thinning*, descenso que se produce en la viscosidad de un fluido pseudoplástico cuando este es sometido a un aumento progresivo del shear rate o velocidad de deformación.
- Punto de flujo o punto de esfuerzo (*llamado en inglés yield point o yield stress*). Se define como el esfuerzo necesario que se necesita aplicar sobre una muestra para que esta comience a deformarse. Es posible que haya muestras que su punto de flujo sea cero, y eso es porque tales muestras fluyen instantáneamente. Por ejemplo, la miel es más viscosa que la mayonesa, sin embargo al volcar una cuchara, la miel fluye, sin embargo la mayonesa no. Esto indica que la miel no tiene punto de flujo y fluye instantáneamente con la fuerza de la gravedad, mientras que la mayonesa se necesita de un esfuerzo para que fluya. Lo mismo que le ocurre a la miel lo ocurre a la cera fría, si realizamos tal experimento.
- Tixotropía. Es la propiedad de algunos fluidos no newtonianos y pseudoplásticos que muestran un cambio de su viscosidad en el tiempo; cuanto más se someta el fluido a esfuerzos de cizalla, más disminuye su viscosidad, como ya se explicó en apartados anteriores. Un fluido tixotrópico es un fluido que tarda un tiempo finito en alcanzar una viscosidad de equilibrio cuando hay un cambio instantáneo en el ritmo de cizalla o corte. A los fluidos que exhiben la propiedad opuesta, en la que la agitación a lo largo del tiempo provoca la solidificación, se les llama reopécticos o reopéxico, a veces anti-tixotrópicos, como ya se expuso antes, y son mucho menos comunes.

- Ensayos oscilatorios.

En estos ensayos el plato superior oscila a una cierta frecuencia, y con una cierta amplitud. Son ensayos no destructivos, de forma que se puede reutilizar la misma muestra varias veces, al contrario de lo que sucede en los ensayos rotatorios (ilustración 5).

Aplicación de un esfuerzo de deformación oscilatoria

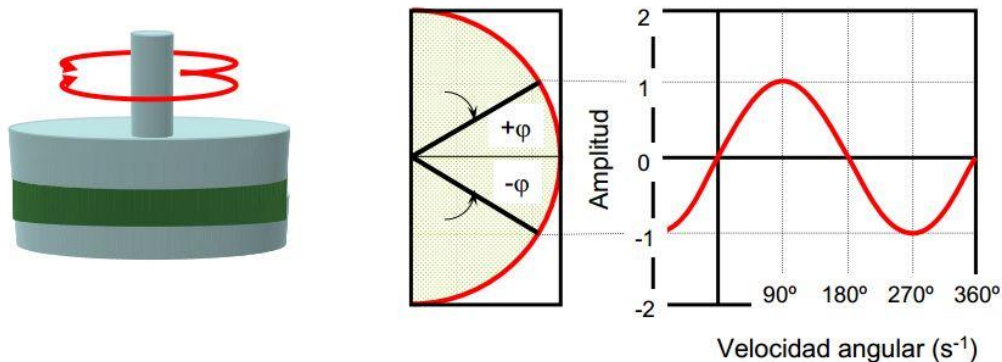


Ilustración 5. Funcionamiento de un ensayo oscilatorio.

En estos ensayos, se miden propiedades microscópicas, como son el las variaciones de comportamiento del fluido entre los dos extremos anteriormente descritos, sólido elástico de Hooke y viscoso de Newton.

El sólido ideal se deforma elásticamente y la energía requerida para la deformación se recupera totalmente cuando se retira el esfuerzo aplicado. Mientras que, los fluidos ideales se deforman irreversiblemente, fluyen, y la energía requerida para la deformación se disipa en el interior del fluido en forma de calor y no se puede recuperar al retirar el esfuerzo.

Sólo unos pocos líquidos se comportan como líquidos ideales, la inmensa mayoría de los líquidos muestran un comportamiento reológico que se clasifica en una región intermedia entre los líquidos y los sólidos: son a la vez elásticos y viscosos, por lo que se les denomina viscoelásticos.

Por otra parte, los sólidos reales pueden deformarse irreversiblemente bajo la influencia de fuerzas de suficiente magnitud, en definitiva, pueden fluir.

Es objetivo de estos ensayos determinar el comportamiento de la cera dentro del rango viscoelástico, y determinar que comportamiento tienen, a diferentes frecuencias de oscilación, a diferentes temperaturas, etc.

En este caso, hay una gran variedad de magnitudes o parámetros que se deben conocer, así como las funciones que estos parámetros representan, para adquirir el conocimiento necesario para interpretar los resultados correctamente.

1. Funciones sinusoidales resultantes del flujo oscilatorio.

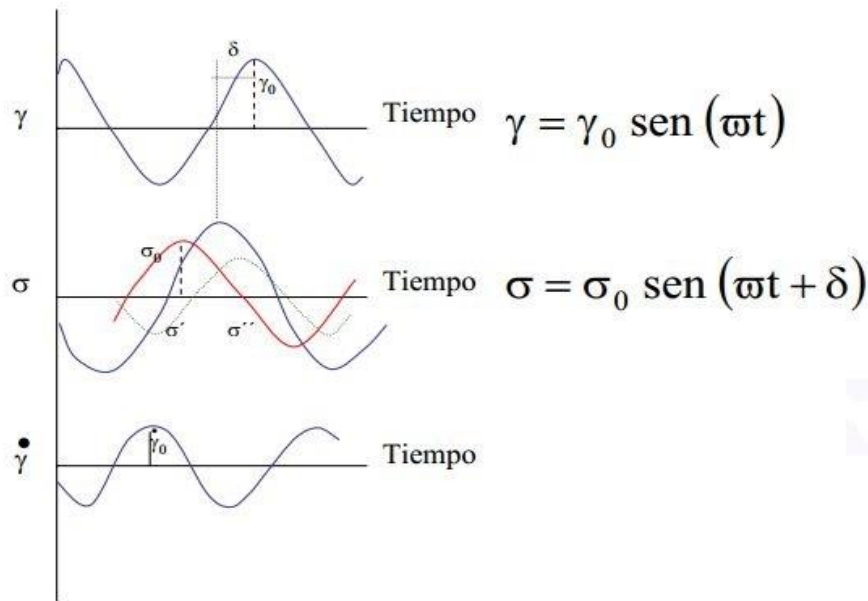


Ilustración 6. Representación de las ondas sinusoidales, de la deformación, esfuerzo de corte y velocidad de deformación.

En la ilustración 6 se representan las ondas sinusoidales para la deformación (shear strain), esfuerzo de corte (shear stress) y velocidad de deformación (shear rate). Se observa que hay un desfase entre la deformación (γ) y el esfuerzo aplicado (σ) y a este desfase se denomina ángulo de fase (δ). Esto ocurre, porque primero se realiza el esfuerzo, y posteriormente como respuesta a este, la muestra se deforma.

A partir de estas ondas sinusoidales, se obtiene las relaciones entre parámetros que a continuación se exponen:

Onda sinusoidal deformación: $\gamma = \gamma_0 \cdot \sin(\omega t)$ (1)

Onda sinusoidal esfuerzo corte: $\sigma = \sigma_0 \cdot \sin(\omega t + \delta) \begin{cases} \sigma' = \sigma_0' \cdot \sin(\omega t) \\ \sigma'' = \sigma_0'' \cdot \cos(\omega t) \end{cases}$ (2)

Si se observa la ilustración 6, una de las componentes del esfuerzo está en fase con la deformación mientras que la otra no (el conjunto lo está), por tanto a partir de ahí se obtiene la relación que nos permitirá relacionar el ángulo de fase con los módulos elástico y viscoso:

$$\tan \delta = \frac{\sigma_0''}{\sigma_0'} \quad (3)$$

Y como: $G = \frac{\text{Shear Stress } (\sigma)}{\text{Shear Strain } (\gamma)} \longrightarrow G' = \frac{\sigma_0'}{\gamma_0} \quad G'' = \frac{\sigma_0''}{\gamma_0} \quad (4)$

Por tanto despejando σ'_0 y σ''_0 en (4) y sustituyendo en (3):

$$\tan \delta = \frac{G''}{G'} \quad (5)$$

2. Parámetros oscilatorios.

- Módulo complejo (G^*). Definido anteriormente, nos da la relación entre los otros dos módulos y el ángulo de fase.
- Módulo elástico o módulo de almacenamiento. Este módulo define el carácter sólido elástico de la muestra en cuestión. Se representa por G' . En el análisis de los resultados obtenidos, si este módulo es mayor que el módulo viscoso ($G' > G''$), la muestra tiene un comportamiento elástico, en el rango de estudio en cuestión. Nos da idea de la rigidez y consistencia de una muestra.
- Módulo viscoso. Este módulo define el carácter viscoso de la muestra. Se representa por G'' . Y si su valor es mayor que G' ($G'' > G'$), la muestra tiene un comportamiento viscoso, en el rango de estudio en cuestión.
- Ángulo de fase. Es la relación que hay entre los tres módulos. Muestra el ángulo que hay entre los módulos (vectores). Se representa por δ . Su rango oscila entre 0° y 90° . Se interpreta de la siguiente manera:
 - 0° - La muestra estudiada tiene comportamiento sólido elástico en un rango de estudio determinado.
 - 45° - En este punto se produce la transición de comportamiento viscoso a elástico o viceversa, coincide con el cruce entre G' y G'' . Se conoce como *punto de gel*.
 - 90° - La muestra estudiada tiene comportamiento completamente viscoso, en un rango de estudio determinado.

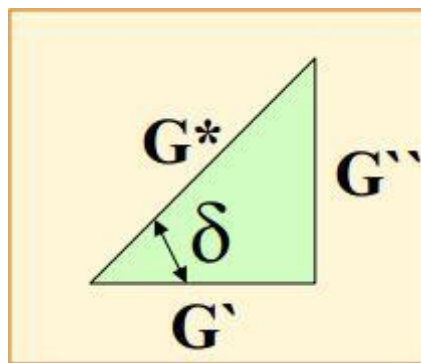


Ilustración 7. Relaciones entre módulos y ángulo de fase en ensayos oscilatorio.

Por tanto, como ya se obtuvo anteriormente, la relación entre los módulos y el ángulo de fase se puede escribir así:

$$\tan \delta = \frac{G''}{G'} \quad (5)$$

Y la relación entre módulo complejo y módulos elástico y viscoso:

$$G^* = G' + i \cdot G'' \quad (6)$$

- Viscosidad compleja. Es la viscosidad de la muestra, en un ensayo oscilatorio. Está relacionada con la viscosidad dinámica y la viscosidad fuera de fase (almacenamiento). Da idea de la viscosidad real de la muestra para un ensayo oscilatorio.

$$\eta^* = \eta' - i \cdot \eta'' \quad (7)$$

5. ENSAYOS REALIZADOS

Como se menciona en el apartado anterior, se dividen en dos los ensayos a realizar a la cera depilatoria fría desarrollada, ensayos rotatorios y oscilatorios, y dentro de esta clasificación hay distintos tipos, que a continuación se exponen, se definen y se explican que información se obtiene de cada uno de ellos.

Es conveniente notar, que la cera es un fluido que presenta mucha resistencia en su estructura, para la realización de estos ensayos, y es por eso que se usa un plato superior de pequeño diámetro (8 mm).

- Rotatorios

En ellos encuadramos tres ensayos, “Tixotropía”, “Curva de flujo” y “Barrido de temperatura”.

a) Tixotropía. El control del ensayo puede ser por shear rate (CR) o shear stress (CS).

Este ensayo consiste en tres etapas:

- 1) Etapa 1: la muestra se encuentra en reposo durante 120 segundos (shear rate o shear stress próximos a cero).
- 2) Etapa 2: a continuación se somete a un shear rate (o shear stress, según el tipo de control), en una etapa de 120 segundos. Debido a esto, la muestra se deforma, y su viscosidad disminuye.
- 3) Etapa 3: se deja la muestra en reposo (shear rate o shear stress próximos a cero), y se evalúa la recuperación del material.

- Análisis de resultados:

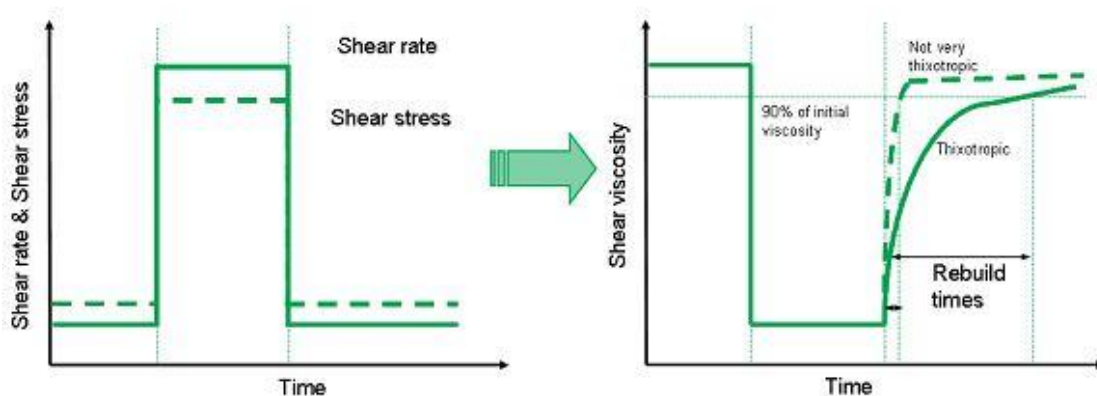


Ilustración 8. Ensayo tixotropía.

Se concluye de los resultados si es tixotrópica y el tiempo de recuperación. Además la propia secuencia te calcula el tiempo en el que la muestra recupera el 90% de su viscosidad inicial.

Este ensayo nos indicará las precauciones previas que se debe de tomar en la preparación de la muestra y los tiempos de recuperación antes de realizar cualquier otro ensayo, con el fin de no obtener datos erróneos, en posteriores ensayos.

b) Curva de flujo. El control del ensayo puede ser por shear rate (CR) o shear stress (CS).

- Modo CR: el ensayo realiza un barrido de shear rate (velocidad deformación de la muestra). Se observa como varía la viscosidad durante el rango de shear rate estudiado.
- Modo CS: tiene el mismo objetivo que el control CR, pero en este caso el barrido es de shear stress (esfuerzo de corte).

Se obtiene de este ensayo la Curva de Viscosidad (logarítmica) característica de la muestra en cuestión. Como se muestra en la ilustración 9.

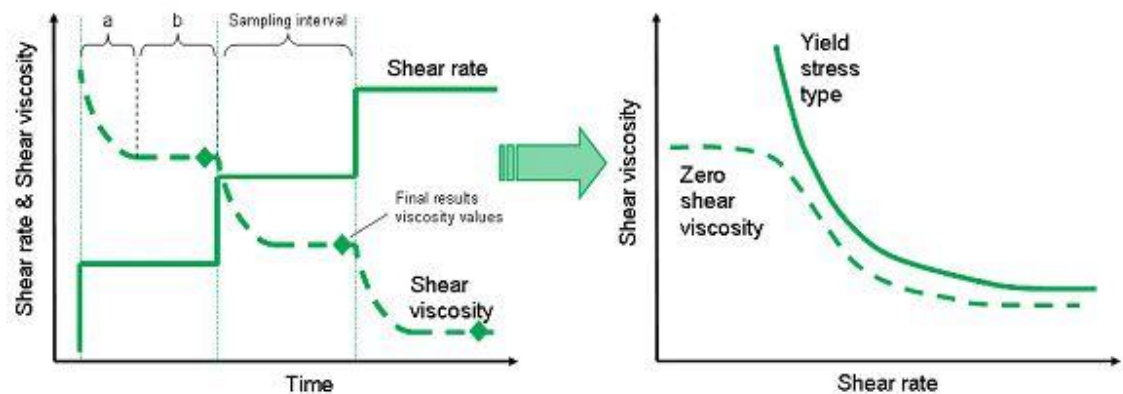


Ilustración 9. Ensayo Curva de Flujo.

En la ilustración 9 se observa en que consiste la curva de flujo. De ella se obtiene:

- Zero viscosity, que nos indica que viscosidad tiene una muestra en reposo (si la muestra la presenta).
- Shear thinning, que es la caída que presenta la viscosidad cuando se somete a un shear rate determinado.

c) Yield point o yield stress. Este ensayo permite determinar el punto de flujo de una muestra. Como ya se definió con anterioridad, se define como el esfuerzo que es necesario aplicar para que una muestra empiece a fluir.

El yield point o punto de flujo, se detecta cuando se produce una caída de la viscosidad al aumentar el esfuerzo aplicado sobre la muestra (shear stress) (véase ilustración 10).

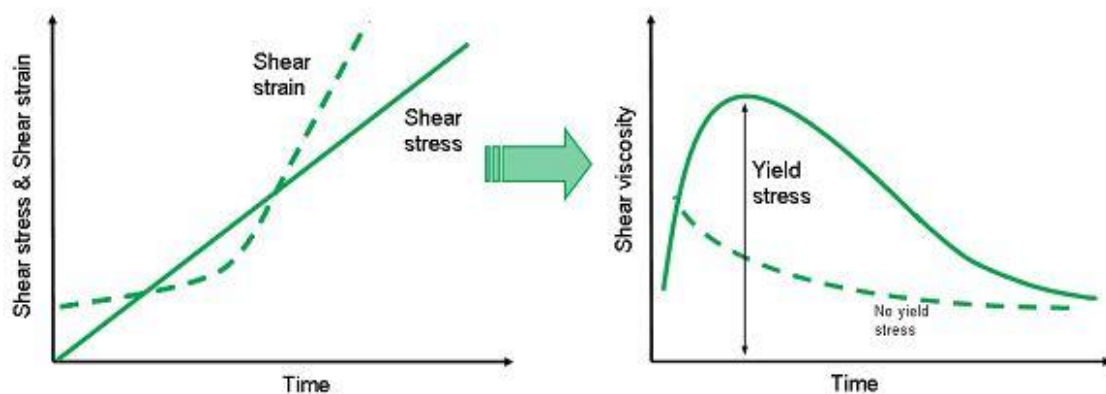


Ilustración 10. Ensayo de Yield Point o Yield Stress.

d) Barrido de temperatura.

Este ensayo dibuja la curva de viscosidad frente a un rango de temperatura. Podemos ver la viscosidad esperada para una temperatura concreta. En esta secuencia, tenemos que seleccionar una velocidad de deformación, que está relacionada directamente con las rpm a la que girara el plato. (90 s⁻¹ son 60 rpm).

Se usará un plato de mayor diámetro (40 mm de diámetro) en este caso.

Se seleccionan estas rpm y este plato, pues es la manera que tenemos de comparar la medida de viscosidad en reómetro con la medida de viscosidad en viscosímetro, y comprobar que se realiza la medida correctamente, además de conocer que a esas velocidades se fabrican las ceras frías de la empresa.

- Ensayos oscilatorios.

Los principales ensayos son: barrido de amplitud, barrido de frecuencia.

- a) **Barrido de amplitud.** El control puede ser por shear stress (esfuerzo de corte) o por shear strain (deformación).

Con este ensayo pretendemos calcular el porcentaje máximo que se puede deformar una muestra sin que esta rompa su estructura, y por tanto estemos fuera de régimen viscoelástico. Observando los módulos y el ángulo de fase.

El porcentaje máximo de deformación vendrá dado, cuando los módulos y el ángulo de fase dejen de estar en línea recta, curvándose alguno de estos.

Este ensayo es importante, porque para realizar el barrido de frecuencia, se selecciona una deformación, y para que los resultados sean correctos y no se

rompa la estructura interna de la muestra, esta deformación debe de estar dentro del régimen viscoelástico de la muestra.

En definitiva, este ensayo determina la amplitud con la que el plato superior del reómetro puede oscilar.

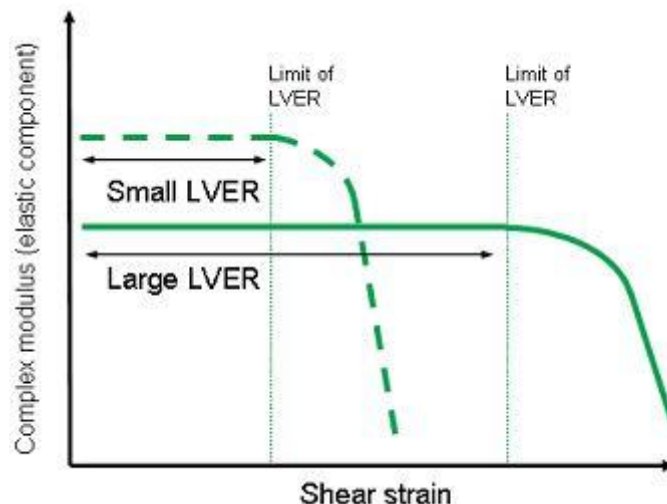


Ilustración 11. Ensayo Barrido de Amplitud.

- b) **Barrido de frecuencia.** El control puede ser CS o CR. Vendrá definido por el control que hayamos utilizado en el barrido de amplitud.

En este ensayo hacemos un barrido de frecuencia, fijando una temperatura y la deformación que calculamos en el barrido de amplitud. Estudiaremos los puntos de corte entre los módulos, el ángulo de fase, viscosidad compleja, etc.

Con la observación de estos parámetros determinaremos el comportamiento viscoelástico de la muestra a distintas frecuencias.

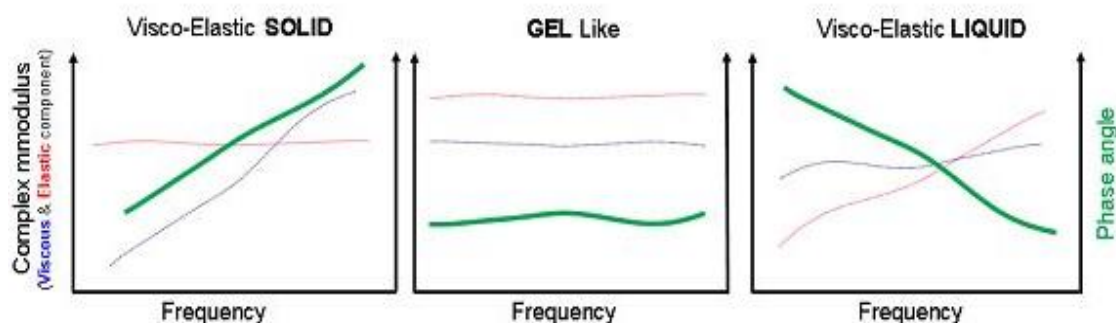


Ilustración 12. Ensayo Barrido de Frecuencia.

- **Ensayo adhesividad (*Tack Test*).**

Este ensayo da información sobre la adhesividad que presenta la cera. Nos da como resultado la fuerza normal para despegar la muestra.

En él se selecciona la velocidad del tirón al que se le va someter a la muestra, y la temperatura a la que se realiza la prueba.

Una vez introducido al mundo de la reología desde el carácter cualitativo de sus propiedades y conocidos los ensayos reológicos más importantes, se utilizarán estos conocimientos adquiridos para analizar y obtener conclusiones en relación con la cera desarrollada, su caracterización y su comparación con la referencia del mercado en la venta de ceras depilatorias frías (MARCA LÍDER Y).

ANEXO DE CÁLCULOS: DISEÑO DE INSTALACIÓN

ANEXO I. DISEÑO DE TANQUES

1. RELACIONES DEL DISEÑO DE TANQUES

En el diseño de tanques, hay una serie de relaciones que nos ayudan a tal tarea.

A continuación se muestran las cinco relaciones útiles para el diseño de tanques, y se define cada parámetro involucrado en el diseño (en la figura 1 del “Anexo figuras” se pueden ver con mayor claridad estas relaciones):

RELACIÓN 1:

$$\frac{H}{D_t} = 1$$

RELACIÓN 2:

$$\frac{D_t}{D_i} = 1,01$$

Donde,

RELACIÓN 3:

$$\frac{c}{D_i} = 0,01$$

H, es la altura del tanque.

D_t, es el diámetro del tanque.

D_i, es el diámetro del ánora.

H_i, altura del ánora.

c, espacio entre el ánora y la pared del tanque.

W_i, anchura del ánora.

RELACIÓN 4:

$$\frac{H_i}{D_i} = 1$$

RELACIÓN 5:

$$\frac{W_i}{D_i} = 0,1$$

2. ECUACIONES DEL DISEÑO DEL TANQUE AGITADO

A partir de las relaciones antes expuestas, se obtienen las ecuaciones para el diseño del tanque agitado con el que cuenta la planta:

- Ecuación para la determinación del diámetro del tanque.

Los tanques tienen forma cilíndrica, por tanto la ecuación empleada es:

$$V = \pi \cdot \frac{D_t^2}{4} \cdot H \quad \text{Ecuación 1}$$

Operando la relación 1:

$$H = D_t \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

H es la altura del tanque agitado.

V es el volumen del tanque agitado.

D_t es el diámetro del tanque agitado.

Utilizando la ecuación 1 y 2, se obtiene:

$$V = \pi \cdot \frac{D_t^2}{4} \cdot D_t \quad \text{Ecuación 3}$$

Despejando en la ecuación 3 el D_t, se obtiene:

$$D_t = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{\pi}} \quad \text{Ecuación 4}$$

- Ecuación para la determinación del diámetro del impulsor.

Operando en la “**Relación 2**”, se obtiene:

$$D_i = \frac{D_t}{1,02} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde D_i , es el diámetro del impulsor, del tanque agitado.

- Ecuación para la determinación del espacio entre el impulsor y el tanque agitado.

Operando en la “**Relación 3**”, se obtiene:

$$c = 0,01 \cdot D_i \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde c es la anchura del impulsor del tanque agitado.

- Ecuación para la determinación de la altura del impulsor.

Operando en la “**Relación 4**”, se obtiene:

$$H_i = D_i \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde H_i es la altura del impulsor.

- Ecuación para la determinación de la anchura del impulsor.

Operando en la “**Relación 5**”, se obtiene:

$$W_i = 0,1 \cdot D_i \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde W_i es la anchura del impulsor.

3. ECUACIONES DEL DISEÑO DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y TANQUE DE DESCARGA

A partir de las relaciones antes expuestas, se obtienen las ecuaciones para el diseño de los tanques de almacenamiento y descarga con los que cuenta la planta:

- Ecuación para la determinación del diámetro del tanque.

Los tanques tienen forma cilíndrica, por tanto la ecuación empleada es:

$$V = \pi \cdot \frac{D_t^2}{4} \cdot H \quad \text{Ecuación 1}$$

Por tanto, operando la relación 1:

$$H = D_t \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

H es la altura del tanque.

V es el volumen del tanque.

D es el diámetro del tanque.

Utilizando la ecuación 1 y 2, se obtiene:

$$V = \pi \cdot \frac{D_t^2}{4} \cdot D_t \quad \text{Ecuación 3}$$

Despejando en la ecuación 3 el D_t , se obtiene:

$$D_t = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{\pi}} \quad \text{Ecuación 4}$$

4. DIMENSIONES DEL TANQUE AGITADO

Con las ecuaciones expuestas en el apartado 2 de este Anexo, se determinan los parámetros de interés del tanque agitado, que es sobredimensionado para un volumen de 70 litros (recordemos que el tamaño del lote son 50 kilogramos, que son 50 litros).

- **Ecuación 2 y 4** para el cálculo numérico del diámetro y altura del tanque.

$$D_t = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0,070 \cdot m}{\pi}} = 0,447 \text{ m}$$

$$H_t = D_t = 0,447 \text{ m}$$

- **Ecuación 5** para el cálculo numérico del diámetro del impulsor.

$$D_i = \frac{D_t}{1,02} = \frac{0,447 \cdot m}{1,02} = 0,438 \text{ m}$$

- **Ecuación 6** para el cálculo numérico del espacio entre el impulsor y el tanque agitado.

$$c = 0,01 \cdot D_i = 0,01 \cdot 0,438 \cdot m = 0,004 \text{ m}$$

- **Ecuación 7** para el cálculo numérico de la altura del impulsor.

$$H_i = D_i = 0,438 \text{ m}$$

- **Ecuación 8** para el cálculo numérico de la anchura del impulsor.

$$W_i = 0,1 \cdot 0,438 \cdot m = 0,044 \text{ m}$$

- Cálculo de la altura del líquido en el tanque diseñado (H). Cabe recordar que el tanque está diseñado para 70 litros de capacidad, es decir, está sobredimensionado, ya que los lotes son de 50 litros o kilogramos. Para ello usamos la fórmula del volumen de un cilindro, y despejamos la altura:

$$V_{cilindro} = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot H_l$$

$$H_l = \frac{0,05 \cdot m^3}{\pi \cdot \frac{0,447^2}{4}} = 0,319 \text{ m}$$

Las dimensiones del tanque agitado son:

D_t	0,447 m
H_t	0,447 m
D_i	0,438 m
H_i	0,438 m
C	0,004 m
W_i	0,044 m
H_l	0,319 m

5. DIMENSIONES DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DEL ADHESIVO 1 Y 2 (*COLOPHONIUM* Y *GLYCERYL ROSINATE*)

Con las ecuaciones expuestas en el apartado 3 de este Anexo, se determinan los parámetros de interés de los tanques de almacenamiento del adhesivo 1 y 2 (*Colophonium* y *Glyceryl Rosinate*), que son sobredimensionados para 80 litros cada uno, almacenando así todo el adhesivo necesario para los 3 lotes diarios.

- **Ecuación 2 y 4** para el cálculo numérico del diámetro y altura del tanque.

$$D_t = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0,080 \cdot m}{\pi}} = 0,467 \text{ m}$$

$$H_t = D_t = 0,467 \text{ m}$$

Las dimensiones del tanque de almacenamiento del adhesivo 1 y 2 son:

D_t	0,467 m
H_t	0,467 m

6. DIMENSIONES DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DEL PLASTIFICANTE 1 (*PARAFFINUM LIQUIDUM*)

Con las ecuaciones expuestas en el apartado 3 de este Anexo, se determinan los parámetros de interés del tanque de almacenamiento del plastificante 1 (*Paraffinum Liquidum*), que es sobredimensionado para 20 litros, almacenando así todo el plastificante 1 para la producción de los 3 lotes diarios.

- **Ecuación 2 y 4** para el cálculo numérico del diámetro y altura del tanque.

$$D_t = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0,020 \cdot m}{\pi}} = 0,294 \text{ m}$$

$$H_t = D_t = 0,294 \text{ m}$$

Las dimensiones del tanque de almacenamiento del plastificante 1 son:

D_t	0,294 m
H_t	0,294 m

7. DIMENSIONES DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DEL PLASTIFICANTE 2 (POLYETHYLENE)

Con las ecuaciones expuestas en el apartado 3 de este Anexo, se determinan los parámetros de interés del tanque de almacenamiento del plastificante 2 (*Polyethylene*), que es sobredimensionado para 10 litros, almacenando así todo el plastificante 2 para la producción de los 3 lotes diarios.

- **Ecuación 2 y 4** para el cálculo numérico del diámetro y altura del tanque.

$$D_t = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0,010 \cdot m}{\pi}} = 0,234 \text{ m}$$

$$H_t = D_t = 0,234 \text{ m}$$

Las dimensiones del tanque de almacenamiento del plastificante 2 son:

D_t	0,234 m
H_t	0,234 m

8. DIMENSIONES DEL TANQUE DE DESCARGA

Con las ecuaciones expuestas en el apartado 3 de este Anexo, se determinan los parámetros de interés del tanque de descarga, que es dimensionado para 200 litros.

- **Ecuación 2 y 4** para el cálculo numérico del diámetro y altura del tanque.

$$D_t = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0,200 \cdot m}{\pi}} = 0,634 \text{ m}$$

$$H_t = D_t = 0,634 \text{ m}$$

Las dimensiones del tanque de descarga son:

D_t	0,634 m
H_t	0,634 m

ANEXO II. SISTEMA DE AGITACIÓN Y MEZCLA

1. FUNDAMENTO Y ECUACIONES

Para que la agitación sea eficaz se debe remover el volumen total del mezclador en un tiempo razonable. Para ello, el agitador, en este caso del tipo áncora, debe comunicar al fluido la energía necesaria para que las corrientes lleguen a los rincones más alejados del tanque.

Por tanto, es necesario calcular la potencia que hay que comunicar al áncora para que esto ocurra. Esta potencia no puede estimarse teóricamente, aun en los sistemas agitados más sencillos, sino que es preciso determinarla mediante experimentos cualitativos, basados en el análisis dimensional.

La potencia necesaria dependerá del tipo de flujo del mezclador y de las proporciones geométricas del equipo.

El mecanismo de flujo es una combinación complicada de flujo laminar, turbulento y separación de capa límite.

Las variables principales que deben entra en el análisis son las siguientes:

- Dimensiones principales del tanque: diámetro del tanque, diámetro del áncora, altura de líquido...
- Viscosidad y densidad del líquido.
- Velocidad de giro (N).
- Aceleración de la gravedad.

Ya es sabido, a partir del estudio reológico realizado a la cera desarrollada en este proyecto, que este producto es un líquido no newtoniano, concretamente pseudoplástico.

El aspecto más importante que es conveniente recordar es notar que la viscosidad de estos líquidos no es constante, sino que depende del gradiente de velocidad aplicado. Recordemos que en los tanques de agitación y mezcla, este gradiente de velocidad varía de un punto a otro del mismo, por lo que el mismo líquido puede presentar valores distintos de viscosidad en distintas zonas del agitador.

Los fluidos pseudoplástico se caracterizan porque su viscosidad disminuye al aumentar el gradiente de velocidades. Se hacen más fluidos cuanto más velocidad se les aplica.

Por tanto en zonas cercanas al interior del agitador estos fluidos tienen menor viscosidad.

Como la viscosidad varía en estos casos de un punto a otro, la definición del *Reynolds* tiene que modificarse, empleando la magnitud de “viscosidad media aparente” ($\eta_{ap,med}$), que es una viscosidad media del líquido a diferentes velocidades en el tanque.

$$Re = \frac{N \cdot D_i^2 \cdot \rho}{\eta_{ap,med}} \quad (\text{Ecuación 9})$$

Para determinar la potencia necesaria en un sistema de agitación, son necesario una serie de factores de forma que se obtienen a partir de las variables antes mencionadas.

Estos factores de formas, son los incluidos en la ecuación de potencia:

$$P = N_p \cdot N^3 \cdot D_i^5 \cdot \rho \quad (\text{Ecuación 10})$$

Donde,

- N_p se define como el número de potencia, y se obtiene de forma gráfica a partir del número de *Reynolds*.
- N son las revoluciones por segundo a las que gira el ánclora.
- D_i es el diámetro del agitador.
- ρ es la densidad del fluido a la temperatura de mezclado.
- η es la viscosidad.

Para completar el diseño del sistema de agitación, es necesario estimar el tiempo necesario para que se produzca una buena homogenización, esto es el tiempo de mezclado. El tiempo de mezclado se determina experimentalmente a partir de los resultados de laboratorios obtenidos a mezclar un ácido y una base en proporciones estequiométricas, y midiendo el tiempo en que se produce la neutralización, que vendrá señalado por el cambio de color de un indicador adecuado. Se esta forma se pueden obtener datos que permitan relacionar los tiempos de mezcla con las variables del equipo. Se obtiene que el tiempo de mezcla es una función compleja de la velocidad de giro del rodete N , de su diámetro D_i , del diámetro del tanque D_t , de la altura del líquido en el interior del tanque H_l , y de la naturaleza del líquido, de su densidad y viscosidad. La expresión que se obtiene es la siguiente:

$$t = \frac{f_t \cdot H_l^{\frac{1}{2}} \cdot D_t^{\frac{3}{2}}}{(N \cdot D_i^2)^2 \cdot g^{\frac{1}{6}} \cdot D_i^{\frac{1}{2}}} \quad (\text{Ecuación 11})$$

, donde f_t es una función del número de *Reynolds*, y se obtiene de forma gráfica (*Figura 3 del “Anexo VI. Figuras”*).

2. CÁLCULO NUMÉRICO DE LA POTENCIA DE AGITACIÓN

Con las ecuaciones contenidas en el apartado 1 de este anexo, se realizan los cálculos numéricos para el cálculo de la potencia necesaria para producir la cera fría desarrollada.

Se elige una potencia de agitación de 60 rpm. Se elige dicha velocidad de giro para que la potencia consumida en la agitación no sea demasiado elevada, lo cual encarecería el consumo, y para que no se generen burbujas en el seno de la mezcla, lo que sería perjudicial para la cera.

No se trata tampoco de una velocidad de giro demasiado baja para que no se posibilite la homogenización de la mezcla.

- Densidad de la cera.

Se le supone 1000 Kg/m³, por ser esta la densidad aproximada de toda la cartera de productos de cera fría de la empresa.

- Viscosidad de la cera.

Esta es de 0,150 Pa·s. Es la viscosidad aparente calculada en el reómetro para una misma velocidad de rotación que el mezclador (60 rpm) y a una temperatura de 110 °C, a la cual se encontrará la cera en el interior del tanque agitado.

Este parámetro fue estimado en el estudio reológico realizado a la cera desarrollada en el presente proyecto (véase tabla 38 de la “**Memoria Descriptiva**”).

- Cálculo numérico del *Reynolds* del tanque agitado.

Utilizando la “**Ecuación 9**”:

$$Re = \frac{N \cdot D_i^2 \cdot \rho}{\eta_{ap,med}} = \frac{60 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \cdot (0.438 \cdot \text{m})^2 \cdot 1000 \cdot \text{Kg/m}^3}{0,150 \text{ Pa} \cdot \text{s} \cdot \frac{1 \cdot \frac{\text{Kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}}{1 \text{ Pa} \cdot \text{s}}} = 1278,960$$

- El número de potencia se obtiene con el Re y la figura 2 del “**Anexo VI. Figuras**”.

$$N_p = 2$$

- Cálculo de la potencia consumida.

Utilizando la “Ecuación 10”:

$$P = 2 \cdot (60 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}})^3 \cdot (0,438 \cdot \text{m})^5 \cdot 1000 \text{ Kg/m}^3 \cdot \frac{1 \cdot W}{1 \cdot \text{Kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^3}}$$

$$= 32,240 \text{ W}$$

La potencia consumida de agitación es de 32,240 W.

- Cálculo del tiempo de mezclado.

Utilizando la “Ecuación 11”, y puesto que todas las variables son conocidas, excepto f_t la cual se obtiene a partir de la figura 3 del “Anexo VI. Figuras”, el tiempo de mezclado es:

$$t = \frac{f_t \cdot H^{\frac{1}{2}} \cdot D_t^{\frac{3}{2}}}{(N \cdot D_i^2)^2 \cdot g^{\frac{1}{6}} \cdot D_i^{\frac{1}{2}}} = 9,5 \text{ min}$$

Donde,

f_t , cuyo valor estimado por la figura 3 del “Anexo VI. Figuras” es 120.

H , es la altura del líquido (calculada anteriormente, 0,319 m).

N , las revoluciones por segundo del agitador, que es 1 rps (60 rpm)

D_t y D_i , son los diámetros del tanque (0,447 m) y del impulsor (0,438 m) respectivamente.

g , es la aceleración de la gravedad.

El tiempo óptimo para conseguir una mezcla homogénea es de 9,5 minutos.

ANEXO III. SISTEMA DE CALEFACCIÓN

1. FUNDAMENTO Y ECUACIONES

El sistema de calefacción empleado para aportar el calor necesario a los tanques de almacenamiento y mezcla, es como se menciona en la memoria descriptiva mediante resistencias eléctricas.

De todos los tipos de resistencias eléctricas para aportar calor a cada uno de los tanques, se elige como se menciona en la memoria descriptiva, resistencias introducidas en láminas flexibles que se adhieren a la pared de los tanques.

Es necesario calcular que calor necesitamos aportar a los fluidos para conocer que potencia deben tener las mantas eléctricas que cubrirán los tanques.

Para el caso del tanque de agitación, la temperatura inicial a la que se encontrará el tanque se calculará mediante un balance de energía, entre las materias primas que absorben calor y las materias primas que lo ceden. El balance de energía es el siguiente:

$$(Q \text{ absorbido}) = (Q \text{ cedido})$$

$$\sum \%MMPP_{\text{absorbe calor}} \cdot c_p \cdot (T_{\text{sal}} - T_{\text{sent}}) = \sum \%MMPP_{\text{cede calor}} \cdot c_p \cdot (T_{\text{ent}} - T_{\text{sal}})$$

Nota: se utiliza el porcentaje en masa de cada MMPP para facilitar el cálculo, igualmente se podría haber utilizado la masa de cada MMPP.

(Ecuación 12)

Para conocer el calor necesario que se debe aportar a cada tanque, se necesita de la siguiente fórmula:

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T = m \cdot c_p \cdot (T_f - T_i) \quad \text{(Ecuación 13)}$$

, donde:

m es la masa de fluido que se pretende calentar.

c_p es la capacidad calorífica del fluido.

T_i y **T_f** son la temperatura inicial y final del fluido.

Calculado el calor necesario que se necesita aportar a cada tanque, recordemos que los tanques de almacenamiento de los adhesivos, *Colophonium* y *Glyceryl Rosinate*, así como el de *Polyethylene*, junto con el tanque de mezcla están calefactados, y por tanto

se tiene que calcular la potencia que deben tener estas resistencias eléctricas para aportar tal calor a cada uno de los tanques.

La fórmula que relaciona el calor con la potencia es la siguiente:

$$Q = P \cdot t \rightarrow P = \frac{Q}{t} \rightarrow P_{real} = \frac{Q/t}{\eta} \quad (\text{Ecuación 14})$$

donde,

Q, es el calor necesario para alcanzar la temperatura final.

P, es potencia.

t, es el tiempo de calentamiento.

η, es el rendimiento de la resistencia.

Con esta fórmula, se obtiene la potencia necesaria para conseguir que los fluidos lleguen a la temperatura deseada, tanto para las materias primas calefactadas para conseguir su transporte y automatización, así como para conseguir una mezcla homogénea y completa en el tanque de agitación.

2. CÁLCULO NUMÉRICO DE LA POTENCIA DE CALEFACCIÓN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DEL ADHESIVO 1 (COLOPHONIUM)

Con las ecuaciones contenidas en el apartado 1 de este anexo, se realizan los cálculos numéricos para el cálculo de la potencia real que aporte el calor necesario al tanque de almacenamiento del adhesivo 1 para su completa fundición.

- Cálculo del calor necesario.

La temperatura a la cual se va añadir el adhesivo 1 al tanque de agitación es de 90 °C, ya que a esta temperatura el adhesivo 1 es lo suficientemente líquido para ser impulsado por bombas centrífugas.

La cantidad de adhesivo 1 en el tanque de almacenamiento es de 60 Kg, presentando este un calor específico (c_p) de 2,5 KJ/Kg·K (dato bibliográfico).

El rendimiento de la resistencia (η) es de 0,8.

Utilizando la “Ecuación 13”, se obtiene el calor necesario que se debe suministrar:

$$Q = 60 \cdot \text{Kg} \cdot 2,5 \cdot \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (90 ^\circ\text{C} - 25 ^\circ\text{C}) = 9750 \text{ KJ}$$

- Cálculo de la potencia real.

Para conocer la potencia real que necesitamos, utilizamos la “Ecuación 14”. El tiempo de calentamiento será de una hora, es arbitrario y se elige porque no se necesita tener una potencia tan alta, ya que la planta está diseñada para un máximo de tres lotes diarios. Por tanto con ese tiempo es posible realizar los lotes planificados, sin que ese tiempo sea una etapa limitante, y por tanto un lastre.

$$P_{real} = \frac{Q/t}{\eta} = \frac{\frac{9750 \cdot \text{KJ}}{3600 \cdot \text{s}}}{0,8} = 3,385 \text{ KW}$$

La potencia real consumida por la resistencia adhesiva que envuelve el tanque de almacenamiento del adhesivo 1 es 3,385 KW.

3. CÁLCULO NUMÉRICO DE LA POTENCIA DE CALEFACCIÓN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DEL ADHESIVO 2 (*GLYCERYL ROSINATE*)

Con las ecuaciones contenidas en el apartado 1 de este anexo, se realizan los cálculos numéricos para el cálculo de la potencia real que aporte el calor necesario al tanque de almacenamiento del adhesivo 2 para su completa fundición.

- Cálculo del calor necesario.

La temperatura a la cual se va añadir el adhesivo 2 es de 150 °C, con el fin de que estos puedan ser suministrados a través de tuberías mediante la impulsión por bombas centrífugas.

La cantidad de adhesivo 2 en el tanque de almacenamiento es de 60 Kg, presentando este un calor específico (c_p) de 2,5 KJ/Kg·K (dato bibliográfico).

El rendimiento de la resistencia (η) es de 0,8.

Utilizando la “Ecuación 13”, se obtiene el calor necesario que se debe suministrar:

$$Q = 60 \cdot Kg \cdot 2,5 \cdot \frac{KJ}{Kg \cdot ^\circ C} \cdot (150 ^\circ C - 25 ^\circ C) = 18750 KJ$$

- Cálculo de la potencia real.

Para conocer la potencia real que necesitamos, utilizamos la “Ecuación 14” y el tiempo de calentamiento previo necesario, el cual también será una hora.

$$P_{real} = \frac{Q/t}{\eta} = \frac{\frac{18750 \cdot KJ}{3600 \cdot s}}{0,8} = 6,510 KW$$

La potencia real consumida por la resistencia adhesiva que envuelve el tanque de almacenamiento del adhesivo 2 es 6,510 KW.

4. CÁLCULO NUMÉRICO DE LA POTENCIA DE CALEFACCIÓN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DEL PLASTIFICANTE 2 (*POLYETHYLENE*)

Con las ecuaciones contenidas en el apartado 1 de este anexo, se realizan los cálculos numéricos para el cálculo de la potencia real que aporte el calor necesario al tanque de almacenamiento del *Polyethylene* para su completa fundición.

- Cálculo del calor necesario.

La temperatura a la cual se va añadir el plastificante 2 es de 150 °C, con el fin de que estos puedan ser suministrados a través de tuberías mediante la impulsión por bombas centrífugas.

La cantidad de plastificante 2 en el tanque de almacenamiento es de 3 Kg, presentando este un calor específico (c_p) de 2,3 KJ/Kg·K (dato bibliográfico).

El rendimiento de la resistencia (η) es de 0,8.

Utilizando la “Ecuación 13”, se obtiene el calor necesario que se debe suministrar:

$$Q = 3 \cdot Kg \cdot 2,3 \cdot \frac{KJ}{Kg \cdot ^\circ C} \cdot (150 ^\circ C - 25 ^\circ C) = 862,500 KJ$$

- Cálculo de la potencia real.

Para conocer la potencia real que necesitamos, utilizamos la “Ecuación 14” y el tiempo de calentamiento previo necesario, el cual también será una hora.

$$P_{real} = \frac{Q/t}{\eta} = \frac{\frac{862,500 \cdot KJ}{3600 \cdot s}}{0,8} = 0,299 KW$$

La potencia real consumida por la resistencia adhesiva que envuelve el tanque de almacenamiento del plastificante 2 es 0,299 KW.

5. CÁLCULO NUMÉRICO DE LA POTENCIA DE CALEFACCIÓN DEL TANQUE DE AGITACIÓN

Con las ecuaciones contenidas en el apartado 1 de este anexo, se realizan los cálculos numéricos para el cálculo de la potencia real de la resistencia que aporte el calor necesario para la homogenización de las materias primas en el tanque de agitación.

- Cálculo del calor necesario.

La temperatura a la cual realiza la homogenización y se fabrica la cera es 110 °C. Con esta temperatura se asegura una completa homogenización de todas las materias primas.

La temperatura inicial a la que se encuentra la mezcla añadida será calculada mediante un balance de energía entre el calor cedido y absorbido por las materias utilizando la “Ecuación 12”.

Así, absorben calor el adhesivo 1 (Colophonium) y el plastificante 2 (Polyethylene), y ceden calor el adhesivo 2 (Glyceryl Rosinate) y el plastificante 1 (Paraffinum Liquidum).

El cálculo es el mostrado a continuación:

$$(Q \text{ absorbido}) = (Q \text{ cedido})$$

$$\sum \%MMPP_{\text{absorbe calor}} \cdot c_p \cdot (T_{\text{sal}} - T_{\text{sent}}) = \sum \%MMPP_{\text{cede calor}} \cdot c_p \cdot (T_{\text{ent}} - T_{\text{sal}})$$

Desglosando el cálculo:

$$(Q \text{ absorbido}) = \%Adhesivo\ 1 \cdot c_{p,adhesivo\ 1} \cdot (T - 90) + \%Plastificante\ 2 \cdot c_{p,plastificante\ 2} \cdot (T - 25)$$

$$(Q \text{ cedido}) = \%Adhesivo\ 2 \cdot c_{p,adhesivo\ 2} \cdot (150 - T) + \%Plastificante\ 1 \cdot c_{p,plastificante\ 1} \cdot (150 - T)$$

Si igualamos, sustituimos y despejamos T, se obtiene la temperatura inicial del contenido del tanque de agitación:

$$\begin{aligned} &0,370 \cdot 2,500 \cdot \frac{KJ}{Kg \cdot ^\circ C} \cdot (T - 90) \cdot ^\circ C + 0,182 \cdot 1,880 \cdot \frac{KJ}{Kg \cdot ^\circ C} \cdot (T - 25) \cdot ^\circ C \\ &= 0,370 \cdot 2,500 \cdot \frac{KJ}{Kg \cdot ^\circ C} \cdot (150 - T) \cdot ^\circ C + 0,045 \cdot 2,260 \cdot \frac{KJ}{Kg \cdot ^\circ C} \cdot (150 - T) \cdot ^\circ C \end{aligned}$$

$T = 107,176\text{ }^{\circ}\text{C}$ Temperatura inicial de las materias primas en el interior del tanque de agitación.

El calor específico (c_p) de la cera es calculado mediante una media ponderada de las materias primas que la conforman, así:

$$T = \%Adhesivo\ 1 \cdot c_p\ Adhesivo\ 1 + \%Adhesivo\ 2 \cdot c_p\ Adhesivo\ 2 + \%Plastificante\ 1 \cdot c_p\ Plastificante\ 1 + \%Plastificante\ 2 \cdot c_p\ Plastificante\ 2$$

$$c_{p,cera} = 0,37 \cdot 2,5 \cdot \frac{KJ}{Kg \cdot ^{\circ}C} + 0,37 \cdot 2,5 \cdot \frac{KJ}{Kg \cdot ^{\circ}C} + 0,182 \cdot 1,88 \cdot \frac{KJ}{Kg \cdot ^{\circ}C} + 0,045 \cdot 2,3 \cdot \frac{KJ}{Kg \cdot ^{\circ}C} = 2,296 \frac{KJ}{Kg \cdot ^{\circ}C}$$

La masa total de materias primas en el interior del tanque son 50 kilogramos.

El rendimiento de la resistencia (η) es de 0,8.

Utilizando la “Ecuación 13”, se obtiene el calor necesario que se debe suministrar:

$$Q = 50 \cdot Kg \cdot 2,296 \cdot \frac{KJ}{Kg \cdot ^{\circ}C} \cdot (110\text{ }^{\circ}\text{C} - 107,176\text{ }^{\circ}\text{C}) = 324,147\text{ KJ}$$

Para conocer la potencia real que necesitamos, utilizamos la “Ecuación 14”. El tiempo de calentamiento, como en los demás tanques también será una hora.

$$P_{real} = \frac{Q/t}{\eta} = \frac{\frac{324,147 \cdot KJ}{3600 \cdot s}}{0,8} = 0,113\text{ KW}$$

La potencia real consumida por la resistencia adhesiva que envuelve el tanque de agitación es 0,113 KW.

ANEXO IV. SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN Y DESCARGA

Para la alimentación de materias primas al tanque principal de agitación, así como para la descarga del producto terminado, se usan bombas centrífugas de impulsión. Es objetivo de este apartado determinar, que potencias son necesarias para un determinado caudal y altura del fluido.

1. FUNDAMENTO TEÓRICO Y ECUACIONES

- SISTEMA ALIMENTACIÓN MATERIAS PRIMAS

Para suministrar las materias primas que componen la fórmula al tanque donde se produce la mezcla, se necesitan de cuatro bombas centrífugas que impulsen cada una de las materias primas, cuya carga al tanque de agitación está automatizada, esto es, para los adhesivos, *Colophonium* y *Glyceryl Rosinate*, y plastificantes, *Paraffinum Liquidum* y *Polyethylene*.

Estas bombas son las cuatro iguales, del tipo centrífugas, y deben tener unas propiedades óptimas para soportar temperaturas entre 70 y 150 grados centígrados.

Se debe conocer que potencia necesitamos para cargar cada materia prima. Como se menciona en la memoria descriptiva, estas bombas de impulsión estarán colocadas por debajo del nivel del tanque, por lo que se evita cualquier problema de cavitación con ellas.

Se recuerda que la cavitación es un fenómeno por el cual un líquido empieza a formar burbujas y ebulle en la entrada de una bomba, que es el lugar de más baja presión de esta. Ocurre cuando la presión total en este punto alcanza la presión de vapor del líquido bombeado, a la temperatura de trabajo.

Puesto que las burbujas de vapor ocupan un volumen mayor que el líquido, ocurre una reducción del flujo. Conformen las burbujas se mueven del área de baja presión de la bomba hacia el área de alta presión, el vapor regresa de nuevo a la fase líquida. Esta condensación genera una poderosa onda de choque en el líquido que, incluso, puede llegar a retirar partículas en las superficies sólidas circundantes (la carcasa de la bomba), creando cavidades.

Con el paso del tiempo, este fenómeno puede causar daños irreparables en los equipos.

La condensación de las burbujas de vapor es tan rápida que emite un ruido parecido al traqueteo de piedrecillas. Este sonido es la manera más fácil de reconocer este fenómeno.

Al variar la temperatura del líquido varía también la presión de vapor de forma importante, haciendo más fácil o difícil que, para una presión local ambiente dada, la presión de vapor caiga a un valor que provoque la cavitación.

Como nuestras bombas están colocadas a ras del suelo, evitamos que surja este fenómeno de cavitación.

Para diseñar el sistema de alimentación y descarga, es necesario establecer que potencias son necesarias para impulsar los líquidos. Las fórmulas utilizadas para el cálculo de las potencias son:

$$Pot_{teórica} = h_A \cdot Q \cdot \rho \cdot g \quad (\text{Ecuación 15})$$

donde,

Q , es el caudal volumétrico, expresada en metros cúbicos por segundos.

ρ , es la densidad del fluido en cuestión, en kilogramos por metro cúbico.

g , es la aceleración de la gravedad, en metros cuadrados por segundo.

h_A , es la carga de la bomba, expresada en metros. Se calcula a partir de la “Ecuación 16”:

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + (z_2 - z_1) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \cdot g} + h_f = h_A \quad (\text{Ecuación 16})$$

, donde $(z_2 - z_1)$ es la altura a la que se debe impulsar el fluido; P_2 y P_1 son las presiones en la superficie de cada tanque (es la misma para los dos tanques y por tanto el término desaparece), v_2 y v_1 son las velocidades a la descarga de la tubería y en la superficie del tanque que contiene el fluido a impulsar (v_1 es cero, pues la velocidad en la superficie de los tanques de almacenamiento es cero); y h_f es el factor de fricción, y se calcula mediante:

$$h_f = (4f) \cdot \frac{L_{eq}}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (\text{Ecuación 17})$$

donde,

L_{eq} , es la longitud de tubos equivalentes, suponiendo accesorios. Es decir la longitud de los tubos más la equivalencia de los accesorios si fueran tubos.

d , es el diámetro de tubería.

v , la velocidad del fluido.

g , la aceleración de la gravedad.

$(4f)$ es el factor de rozamiento, se calcula mediante las gráficas de Moody si el régimen de flujo es turbulento, o mediante una ecuación si es laminar.

Para calcular el $(4f)$, necesitamos conocer el Reynols y la rugosidad relativa de la tubería:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\eta} \quad (\text{Ecuación 18})$$

donde,

ρ , es la densidad del fluido.

v , la velocidad del fluido.

d , el diámetro de tubería.

η , la viscosidad del fluido.

Si el flujo es laminar, como en este caso, el (4f) no necesita de las gráficas de Moody ni de la rugosidad relativa de la tubería, y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$(4f) = \frac{64}{Re} \quad \text{(Ecuación 19)}$$

El diámetro interno de las tuberías es de 5 centímetros y la rugosidad del acero comercial empleado es de 0,002 metros, aunque este último dato no nos será útil.

Calculada la potencia teórica, es necesario calcular la potencia real, ya que no toda la energía se aprovecha en la impulsión del fluido, sino que parte se pierde en la fricción con las partes mecánicas de la propia bomba, así como con el propio fluido, ecuación (3):

$$Pot_{real} = \frac{Pot_{teórica}}{\eta} \quad \text{(Ecuación 20)}$$

η , es el rendimiento de la bomba centrífuga.

- SISTEMA DE DESCARGA

Para la descarga del producto terminado, a falta de la adicción de los perfumes y extractos que contiene la fórmula, se utiliza una bomba centrífuga de las mismas características que las utilizadas para el suministro de materias primas.

2. CÁLCULO NUMÉRICO PARA LAS BOMBAS DE ALIMENTACIÓN DEL ADHESIVO 1 (COLOPHONIUM)

- Densidad del adhesivo 1.

La densidad de *Colophonium* es de 1100 Kg/m³. Este dato se obtiene del proveedor.

- Viscosidad del adhesivo 1.

A la temperatura de bombeo, que son 90 °C, según especificaciones es de 0,8 Pa·s.

- Caudal de suministro.

Se impone un caudal de medio litro el segundo (0,0005 m³/s). Se considera que un caudal de medio litro por segundo, es un tiempo razonable para la carga de las materias primas en el tanque de agitación dado el volumen que se quiere cargar.

- Diámetro de tubería.

El diámetro de tubería es de 5 cm.

- Cálculo de la velocidad del adhesivo 1 por las tuberías.

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{\pi \cdot \frac{d^2}{4}} = \frac{0,0005 \cdot m^3/s}{\pi \cdot \frac{(0,05 \cdot m)^2}{4}} = 0,255 \text{ m/s}$$

- Cálculo del número de Reynolds mediante la “Ecuación 18”.

$$Re = \frac{1100 \cdot \frac{Kg}{m^3} \cdot 0,255 \cdot \frac{m}{s} \cdot 0,05 \cdot m}{0,8 \text{ Pa} \cdot s \cdot \frac{1 \cdot \frac{Kg}{m^3}}{1 \text{ Pa} \cdot s}} = 17,507 \rightarrow \text{flujo laminar}$$

- Cálculo del $(4f)$ mediante la “**Ecuación 19**”.

$$(4f) = \frac{64}{17,507} = 3,656$$

- Cálculo de la longitud equivalente.

Se tiene un total de 2,70 metros de tubos, más 3 codos de media curvatura y reducción de $\frac{1}{4}$.

$$L_{eq} = L + L_{accesorios} = 2,70 \cdot m + 7 \cdot 1,5 \cdot m = 13,20 m$$

- Cálculo del factor de fricción h_f mediante la “**Ecuación 17**”.

$$h_f = 3,656 \cdot \frac{13,20 \cdot m}{0,05 \cdot m} \cdot \frac{(0,255 \cdot m/s)^2}{2 \cdot 9,81 \cdot m/s^2} = 3,190 m$$

- Cálculo de h_A mediante la “**Ecuación 16**”. El primer término es la altura que tiene que vencer el fluido para introducirlo por la parte superior del tanque de agitación (un metro); el segundo es el término cinético entre la velocidad del fluido a la descarga de la tubería y en la superficie del tanque de almacenamiento que la contiene (se calcula multiplicando caudal por sección de tubería); y el tercer término es el factor de fricción.

$$h_A = 1 \cdot m + \frac{(0,255 \cdot m/s)^2}{2 \cdot 9,81 \cdot m/s^2} + 3,190 \cdot m = 4,193 m$$

- Cálculo de la potencia teórica mediante la “**Ecuación 15**”.

$$Pot_{teórica} = 4,193 \cdot m \cdot 0,0005 \cdot \frac{m^3}{s} \cdot 1100 \cdot \frac{Kg}{m^3} \cdot 9,81 \cdot \frac{m}{s^2} = 22,623 W$$

- Cálculo de la potencia real mediante la **“Ecuación 20”**.

El rendimiento (η) que presenta la bomba es de 0,8.

$$Pot_{real} = \frac{22,623 \cdot W}{0,8} = 28,279 \text{ W}$$

La potencia real consumida por la bomba centrífuga que impulsa el adhesivo 1 es 28,279 W.

3. CÁLCULO NUMÉRICO PARA LAS BOMBAS DE ALIMENTACIÓN DEL ADHESIVO 2 (*GLYCERYL ROSINATE*)

- Densidad del adhesivo 2.

La densidad del *Glycerol Rosinate* es de 1050 Kg/m³. Este dato se obtiene del proveedor.

- Viscosidad de adhesivo 2.

A la temperatura de bombeo, que son 150 °C, según especificaciones del proveedor la viscosidad que presenta es de 0,320 Pa·s.

- Caudal de suministro.

Se impone también como en el caso anterior un caudal de medio litro el segundo (0,0005 m³/s).

- Diámetro de tubería.

El diámetro de tubería es de 5 cm.

- Cálculo de la velocidad del adhesivo 2 por las tuberías.

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{\pi \cdot \frac{d^2}{4}} = \frac{0,0005 \cdot m^3/s}{\pi \cdot \frac{(0,05 \cdot m)^2}{4}} = 0,255 \text{ m/s}$$

- Cálculo del número de Reynols mediante la **“Ecuación 18”**.

$$Re = \frac{1050 \cdot \frac{Kg}{m^3} \cdot 0,255 \cdot \frac{m}{s} \cdot 0,050 \cdot m}{0,320 \text{ Pa} \cdot s \cdot \frac{1 \cdot \frac{Kg}{m \cdot s}}{1 \text{ Pa} \cdot s}} = 41,778 \rightarrow \text{flujo laminar}$$

- Calculo del (4f) mediante la **“Ecuación 19”**.

$$(4f) = \frac{64}{41,778} = 1,532$$

- Cálculo de la longitud equivalente.

Se tiene un total de 3,40 metros de tubos, más 3 codos de media curvatura y reducción de ¼.

$$L_{eq} = L + L_{accesorios} = 3,40 \cdot m + 9 \cdot 1,5 \cdot m = 16,90 \text{ m}$$

- Cálculo del factor de fricción h_f mediante la **“Ecuación 17”**.

$$h_f = 1,532 \cdot \frac{16,90 \cdot m}{0,05 \cdot m} \cdot \frac{(0,255 \cdot m/s)^2}{2 \cdot 9,81 \cdot m/s^2} = 1,711 \text{ m}$$

- Cálculo de h_A mediante la **“Ecuación 16”**. El primer término es la altura que tiene que vencer el fluido para introducirlo por la parte superior del tanque de agitación (un metro); el segundo es el termino cinético entre la velocidad del fluido a la descarga de la tubería y en la superficie del tanque de almacenamiento que la contiene (se calcula multiplicando caudal por sección de tubería); y el tercer término es el factor de fricción.

$$h_A = 1 \cdot m + \frac{(0,255 \cdot m/s)^2}{2 \cdot 9,81 \cdot m/s^2} + 1,711 \cdot m = 2,715 \text{ m}$$

- Cálculo de la potencia teórica mediante la “Ecuación 15”.

$$Pot_{teórica} = 2,715 \cdot m \cdot 0,0005 \cdot \frac{m^3}{s} \cdot 950 \cdot \frac{Kg}{m^3} \cdot 9,81 \cdot \frac{m}{s^2} = 13,981 W$$

- Cálculo de la potencia real mediante la “Ecuación 20”.

El rendimiento (η) que presenta la bomba es de 0,8.

$$Pot_{real} = \frac{13,981 \cdot W}{0,8} = 17,476 W$$

La potencia real consumida por la bomba centrífuga que impulsa el adhesivo 2 es 17,476 W.

4. CÁLCULO NUMÉRICO PARA LAS BOMBAS DE ALIMENTACIÓN DEL PLASTIFICANTE 1 (*PARAFFINUM LIQUIDUM*)

- Densidad del plastificante 1.

La densidad del *Paraffinum Liquidum* es 840 Kg/m³. Este dato se obtiene del proveedor.

- Viscosidad del plastificante 1.

A la temperatura de bombeo, que para el plastificante 1 es temperatura ambiente, su viscosidad es de 0,032 Pa·s, según datos del proveedor.

- Caudal de suministro.

Se impone también un caudal de medio litro el segundo (0,0005 m³/s).

- Diámetro de tubería.

El diámetro de tubería es de 5 cm.

- Cálculo de la velocidad del plastificante 1 por las tuberías.

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{\pi \cdot \frac{d^2}{4}} = \frac{0,0005 \cdot m^3/s}{\pi \cdot \frac{(0,05 \cdot m)^2}{4}} = 0,255 \text{ m/s}$$

- Cálculo del número de Reynolds mediante la “Ecuación 18”.

$$Re = \frac{840 \cdot \frac{Kg}{m^3} \cdot 0,255 \cdot \frac{m}{s} \cdot 0,05 \cdot m}{0,032 \text{ Pa} \cdot s \cdot \frac{1 \cdot \frac{Kg}{m \cdot s}}{1 \text{ Pa} \cdot s}} = 334,225 \rightarrow \text{flujo laminar}$$

- Cálculo del $(4f)$ mediante la “Ecuación 19”.

$$(4f) = \frac{64}{334,225} = 0,191$$

- Cálculo de la longitud equivalente.

Se tiene un total de 4,10 metros de tubos, más 3 codos de media curvatura y reducción de ¼.

$$L_{eq} = L + L_{accesorios} = 4,10 \cdot m + 8 \cdot 1,5 \cdot m = 16,10 \text{ m}$$

- Cálculo del factor de fricción h_f mediante la “Ecuación 17”.

$$h_f = 0,191 \cdot \frac{16,10 \cdot m}{0,05 \cdot m} \cdot \frac{(0,255 \cdot m/s)^2}{2 \cdot 9,81 \cdot m/s^2} = 0,204 \text{ m}$$

- Cálculo de h_A mediante la “Ecuación 16”. El primer término es la altura que tiene que vencer el fluido para introducirlo por la parte superior del tanque de agitación (un metro); el segundo es el término cinético entre la velocidad del fluido a la descarga de la tubería y en la superficie del tanque de almacenamiento que la contiene (se calcula multiplicando caudal por sección de tubería); y el tercer término es el factor de fricción.

$$h_A = 1 \cdot m + \frac{(0,255 \cdot m/s)^2}{2 \cdot 9,81 \cdot m/s^2} + 0,204 \cdot m = 1,207 \text{ m}$$

- Cálculo de la potencia teórica mediante la “Ecuación 15”.

$$Pot_{teórica} = 1,207 \cdot m \cdot 0,0005 \cdot \frac{m^3}{s} \cdot 850 \cdot \frac{Kg}{m^3} \cdot 9,81 \cdot \frac{m}{s^2} = 4,973 W$$

- Cálculo de la potencia real mediante la “Ecuación 20”.

El rendimiento (η) que presenta la bomba es de 0,8.

$$Pot_{real} = \frac{4,973 \cdot W}{0,8} = 6,217 W$$

La potencia real consumida por la bomba centrífuga que impulsa el plastificante 1 es 6,217 W.

5. CÁLCULO NUMÉRICO PARA LAS BOMBAS DE ALIMENTACIÓN DEL PLASTIFICANTE 2 (POLYETHYLENE)

- Densidad del plastificante 2.

La densidad del *Paraffinum Liquidum* es 930 Kg/m³. Este dato se obtiene del proveedor.

- Viscosidad del plastificante 2.

A la temperatura de bombeo, que para el plastificante 2 es 150 °C, su viscosidad es de 0,450 Pa·s, según datos del proveedor.

- Caudal de suministro.

Se impone de igual modo que anteriormente un caudal de medio litro el segundo (0,0005 m³/s).

- Diámetro de tubería.

El diámetro de tubería es de 5 cm.

- Cálculo de la velocidad del plastificante 1 por las tuberías.

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{\pi \cdot \frac{d^2}{4}} = \frac{0,0005 \cdot m^3/s}{\pi \cdot \frac{(0,05 \cdot m)^2}{4}} = 0,255 \text{ m/s}$$

- Cálculo del número de Reynols mediante la “Ecuación 18”.

$$Re = \frac{930 \cdot \frac{Kg}{m^3} \cdot 0,255 \cdot \frac{m}{s} \cdot 0,05 \cdot m}{0,450 \text{ Pa} \cdot s \cdot \frac{1 \cdot \frac{Kg}{m \cdot s}}{1 \text{ Pa} \cdot s}} = 26,314 \rightarrow \text{flujo laminar}$$

- Calculo del (4f) mediante la “Ecuación 19”.

$$(4f) = \frac{64}{26,314} = 2,432$$

- Cálculo de la longitud equivalente.

Se tiene un total de 4,80 metros de tubos, más 3 codos de media curvatura y reducción de ¼.

$$L_{eq} = L + L_{accesorios} = 4,80 \cdot m + 10 \cdot 1,5 \cdot m = 19,80 \text{ m}$$

- Cálculo del factor de fricción h_f mediante la “Ecuación 17”.

$$h_f = 2,432 \cdot \frac{19,80 \cdot m}{0,05 \cdot m} \cdot \frac{(0,255 \cdot m/s)^2}{2 \cdot 9,81 \cdot m/s^2} = 3,183 \text{ m}$$

- Cálculo de h_A mediante la “Ecuación 16”. El primer término es la altura que tiene que vencer el fluido para introducirlo por la parte superior del tanque de agitación (un metro); el segundo es el termino cinético entre la velocidad del fluido a la descarga de la tubería y en la superficie del tanque de almacenamiento que la contiene (se calcula multiplicando caudal por sección de tubería); y el tercer término es el factor de fricción.

$$h_A = 1 \cdot m + \frac{(0,255 \cdot m/s)^2}{2 \cdot 9,81 \cdot m/s^2} + 3,183 \cdot m = 4,187 m$$

- Cálculo de la potencia teórica mediante la “Ecuación 15”.

$$Pot_{teórica} = 4,187 \cdot m \cdot 0,0005 \cdot \frac{m^3}{s} \cdot 850 \cdot \frac{Kg}{m^3} \cdot 9,81 \cdot \frac{m}{s^2} = 19,098 W$$

- Cálculo de la potencia real mediante la “Ecuación 20”.

El rendimiento (η) que presenta la bomba es de 0,8.

$$Pot_{real} = \frac{19,098 \cdot W}{0,8} = 23,872 W$$

La potencia real consumida por la bomba centrífuga que impulsa el plastificante 2 es 23,872 W.

6. CÁLCULO NUMÉRICO PARA LAS BOMBAS DE DESCARGA

- Densidad de la cera fría

La densidad de la cera fría es 1000 Kg/m³. Este dato se obtiene de la bibliografía y base de datos de la empresa.

- Viscosidad de la cera fría.

A la temperatura de bombeo de la descarga, que para la cera es 110 °C, su viscosidad es de 0,150 Pa·s, según los datos obtenidos en el análisis reológico.

- Caudal de suministro.

Se impone un caudal de medio litro el segundo (0,0005 m³/s). Se considera que este caudal descarga el producto en un tiempo adecuado.

- Diámetro de tubería.

El diámetro de tubería es de 5 cm.

- Cálculo de la velocidad del plastificante 1 por las tuberías.

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{\pi \cdot \frac{d^2}{4}} = \frac{0,0005 \cdot m^3/s}{\pi \cdot \frac{(0,05 \cdot m)^2}{4}} = 0,255 \text{ m/s}$$

- Cálculo del número de Reynols mediante la **“Ecuación 18”**.

$$Re = \frac{1000 \cdot \frac{Kg}{m^3} \cdot 0,255 \cdot \frac{m}{s} \cdot 0,05 \cdot m}{0,450 \text{ Pa} \cdot s \cdot \frac{1 \cdot \frac{Kg}{m \cdot s}}{1 \text{ Pa} \cdot s}} = 84,883 \rightarrow \text{flujo laminar}$$

- Calculo del (4f) mediante la **“Ecuación 19”**.

$$(4f) = \frac{64}{84,883} = 0,754$$

- Cálculo de la longitud equivalente.

Se tiene un total de 1 metro de tubos, más 1 codo de media curvatura y reducción de ¼.

$$L_{eq} = L + L_{accesorios} = 1 \cdot m + 2 \cdot 1,5 \cdot m = 4 \text{ m}$$

- Cálculo del factor de fricción h_f mediante la **“Ecuación 17”**.

$$h_f = 0,754 \cdot \frac{4 \cdot m}{0,05 \cdot m} \cdot \frac{(0,255 \cdot m/s)^2}{2 \cdot 9,81 \cdot m/s^2} = 0,199 \text{ m}$$

- Cálculo de h_A mediante la **“Ecuación 16”**. El primer término es la altura que tiene que vencer el fluido, en este caso no tiene que vencer alturas, por tanto su valor es cero metros; el segundo es el termino cinético entre la velocidad del fluido a la descarga de la tubería y en la superficie del tanque de almacenamiento que la contiene (se calcula multiplicando caudal por sección de tubería); y el tercer término es el factor de fricción.

$$h_A = 0 \cdot m + \frac{(0,255 \cdot m/s)^2}{2 \cdot 9,81 \cdot m/s^2} + 0,199 \cdot m = 0,203 \text{ m}$$

- Cálculo de la potencia teórica mediante la “Ecuación 15”.

$$Pot_{teórica} = 0,203 \cdot m \cdot 0,0005 \cdot \frac{m^3}{s} \cdot 1000 \cdot \frac{Kg}{m^3} \cdot 9,81 \cdot \frac{m}{s^2} = 0,994 W$$

- Cálculo de la potencia real mediante la “Ecuación 20”.

El rendimiento (η) que presenta la bomba es de 0,8.

$$Pot_{real} = \frac{0,994 \cdot W}{0,8} = 1,243 W$$

La potencia real consumida por la bomba centrífuga de descarga es de 1,243 W.

ANEXO V. AISLAMIENTO DE TUBERÍAS

Como se menciona en la memoria descriptiva, es necesario recubrir las tuberías que transportan las materias primas y productos con un aislante térmico, para principalmente, evitar quemaduras en los operarios, y evitar la pérdida de calor, y el consiguiente enfriamiento del producto, lo que provocaría problemas en la impulsión de las materias primas así como un aumento de consumo, eléctrico en este caso.

El material elegido para aislar térmicamente las tuberías es la lana de vidrio, cuyas propiedades en la memoria descriptiva se detallan.

El objetivo es conocer que espesor de lana de vidrio hace falta para que las tuberías no quemen en un hipotético caso de contacto con los operarios.

Para ello, se considera que una temperatura adecuada de la superficie del aislante sería no más de 40 °C, tal temperatura no produciría quemaduras en la piel.

Las tuberías son cilindros que experimentan gradientes de temperatura en la dirección radial. A diferencias de geometrías planas, el intercambio de calor aumenta con la dirección radial, es decir con el radio de la tubería.

Para aislar las tuberías, se diseñará para la tubería que presente el caso más desfavorable, es decir para la que transporte el fluido de mayor temperatura. El espesor calculado será impuesto al resto de tubos.

1. FUNDAMENTO TEÓRICO Y ECUACIONES

Una tubería es un cilindro hueco, en la que su superficie interna y externa se expone a fluidos con diferentes temperaturas.

Para condiciones de estado estacionario sin generación de calor, la forma apropiada de la ecuación de calor es:

$$\frac{1}{r} \cdot \frac{d}{dr} \cdot \left(k \cdot r \cdot \frac{dT}{dr} \right) = 0 \quad \text{Ecuación 22}$$

Es posible determinar la distribución de temperaturas en el cilindro resolviendo la ecuación de calor para este sistema “Ecuación 22”, y aplicando las condiciones de frontera adecuadas. Si se supone que el valor de k es constante, se integra dos veces la “Ecuación 22”, y se obtiene la solución general:

$$T(r) = C_1 \cdot \ln(r) + C_2 \quad \text{Ecuación 23}$$

Para obtener las constantes de integración, se introducen las condiciones de frontera: $T(r_1)=T_{s,1}$ y $T(r_2)=T_{s,2}$. Al aplicar estas condiciones a la solución general, se obtiene:

$$T(r) = \frac{T_{s,1}-T_{s,2}}{\ln\left(\frac{r_1}{r_2}\right)} \cdot \ln\left(\frac{r}{r_2}\right) + T_{s,2} \quad \text{Ecuación 24}$$

La distribución de temperaturas asociada con la conducción radial a través de una pared cilíndrica es logarítmica, y no lineal.

Si la distribución de temperaturas se usa con la ley de Fourier, obtenemos la siguiente expresión para la transferencia de calor:

$$q_r = -k \cdot A \cdot \frac{dT}{dr} = -k \cdot (2 \cdot \pi \cdot r \cdot L) \cdot \frac{dT}{dr} \quad \text{Ecuación 25}$$

Derivando la “Ecuación 24”, e introduciéndola en la “Ecuación 25”:

$$q_r = \frac{2\pi Lk(T_{s,1}-T_{s,2})}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \quad \text{Ecuación 26}$$

Si expresamos este calor transferido atendiendo a la analogía eléctrica, podemos identificar la resistencia térmica como:

$$q_r = \frac{2\pi Lk(T_{s,1}-T_{s,2})}{\ln(\frac{r_2}{r_1})} = \frac{(T_{s,1}-T_{s,2})}{R_{t,cond}} \quad \text{Ecuación 27}$$

$$R_{t,cond} = \frac{(T_{s,1}-T_{s,2})}{2\pi Lk} \quad \text{Ecuación 28}$$

Si adaptamos estas ecuaciones a las capas de material que tienen las tuberías de este proyecto, es decir, el material de la propia tubería tiene dos superficies, interna y externa, además del aislante, la expresión de transferencia de calor queda:

$$q_r = \frac{(T_{\infty,1}-T_{s,ext})}{\frac{1}{2\pi r_1 L h_{in}} + \frac{\ln(\frac{r_2}{r_1})}{2\pi L k_1} + \frac{\ln(\frac{r_{ais}}{r_2})}{2\pi L k_{ais}} + \frac{1}{2\pi r_{ais} L h_{ext}}} \quad \text{Ecuación 29}$$

Teniendo en cuenta que el coeficiente de convección interna es muy grande, y expresando el calor por unidad de longitud la “Ecuación 29” queda:

$$\frac{q_r}{L} = q' = \frac{(T_{\infty,1}-T_{s,ext})}{\frac{\ln(\frac{r_2}{r_1})}{2\pi k_t} + \frac{\ln(\frac{r_{ais}}{r_2})}{2\pi k_a} + \frac{1}{2\pi r_{ais} h_{ext}}} \quad \text{Ecuación 30}$$

, donde

q' , es el calor transmitido por unidad de longitud.

$T_{\infty,1}$ y $T_{s,ext}$, son las temperaturas en seno del fluido y la temperatura de la superficie del aislante.

r_2 , r_1 y r_{ais} , son los radios exterior, interior de la tubería y el radio del aislante.

k_t y k_a son las conductividades del material de la tubería y del aislante.

h_{int} y h_{ext} , son los coeficientes de convección en el interior de la tubería y en el exterior de esta. Al ser convección natural, pues no se fuerza el enfriamiento, el h_{ext} es 10 W/m²K.

L , es la longitud de la tubería por la que circula el fluido.

Si la tubería no presenta aislante, la **“Ecuación 30”** queda así:

$$\frac{q_r}{L} = q' = \frac{(T_{\infty,1} - T_{aire})}{\frac{\ln(\frac{r_2}{r_1})}{2\pi k_t} + \frac{1}{2\pi r_{ais} h_{ext}}} \quad \text{Ecuación 31}$$

, donde T_{aire} es la temperatura ambiente. Esta ecuación nos permite conocer el calor que genera la tubería, y con la **“Ecuación 30”** determinar que espesor de aislante se necesita.

2. CÁLCULO NUMÉRICO

- El diámetro interno de la tubería es 5 cm y el externo 5,3 cm. Por tanto, el radio interno es 2,500 cm y el radio externo es 2,650 cm.
- El coeficiente de convección externo es de 10 W/m²·K y la conductividad térmica del material de la tubería (acero comercial AISI 304) es 15 W/m·K.
- La conductividad térmica del material aislante es 0,040 W/m·K.
- Se determina mediante la “Ecuación 31” el calor que genera la tubería que transporta el fluido más caliente (150 °C), que es el caso más desfavorable.

$$q' = \frac{(150\text{ }^{\circ}\text{C} - 25\text{ }^{\circ}\text{C})}{\frac{\ln\left(\frac{2,650\text{-cm}}{2,5\text{-cm}}\right)}{2\pi \cdot 15 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}} + \frac{1}{2\pi \cdot 0,0265 \cdot 10 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^2\cdot\text{K}}}} = 63,339\text{ W/m}$$

- Conocido el calor que genera, utilizamos la “Ecuación 30”, despejamos la temperatura de superficie del tubo con aislante ($T_{s,ext}$), y calculamos una temperatura inferior a 40 °C, suponiendo varios espesores.

$$T_{s,ext} = T_{\infty,1} - q' \cdot \left[\frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi k_t} + \frac{\ln\left(\frac{r_{ais}}{r_2}\right)}{2\pi k_a} + \frac{1}{2\pi r_{ais} h_{ext}} \right]$$

Probamos con:

- 0,5 cm de espesor de aislante: se obtiene una temperatura de superficie externa de la tubería de 68,36 °C.
- 1 cm de espesor de aislante: se obtiene una temperatura de superficie externa de la tubería de 31,23 °C.

Por tanto con un espesor de 1 cm de aislante, las tuberías quedan perfectamente aislada.

Se obtiene que con 1 cm de aislante, las tuberías de la instalación quedan perfectamente aisladas. El fabricante elegido tiene como espesor mínimo 1 pulgada (2,54 cm), siendo este el espesor que tendrá de aislante las tuberías de la planta diseñada en este proyecto.

ANEXO VI. FIGURAS

En este anexo se incluyen las gráficas que han sido necesarias para el cálculo del diseño de la instalación.

FIGURA 1. DETERMINACIÓN DE LAS RELACIONES DE LAS DIMENSIONES DEL TANQUE AGITADO Y RODETE TIPO ÁNCORA

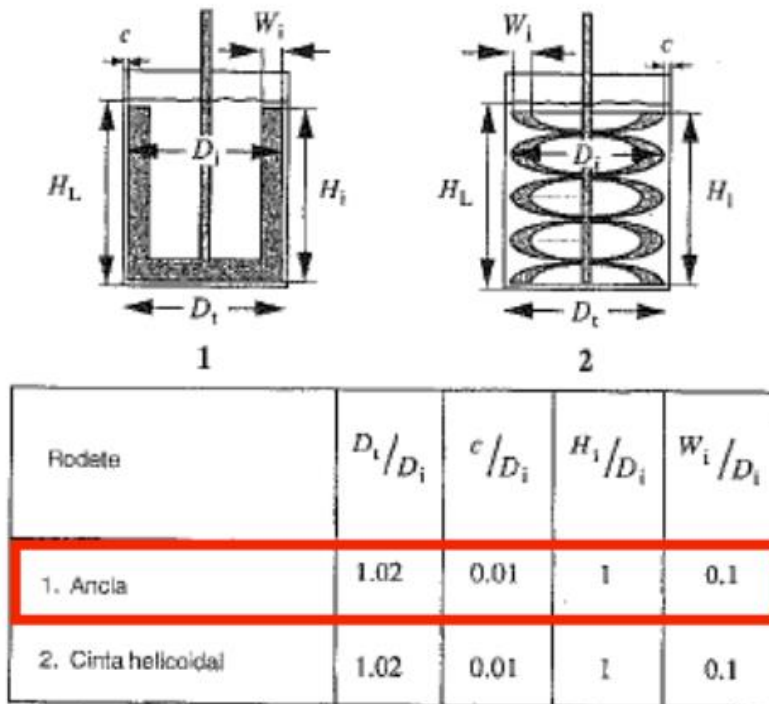


Figura 1. Relación entre las dimensiones del tanque agitado para rodetes tipo áncora y cinta helicoidal sin inyección de aire. Fuente: "Principio de Ingeniería de los bioprocesos", Pauline M. Doran.

FIGURA 2. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE POTENCIA PARA UN AGITADOR TIPO ÁNCORA (ANCLA)

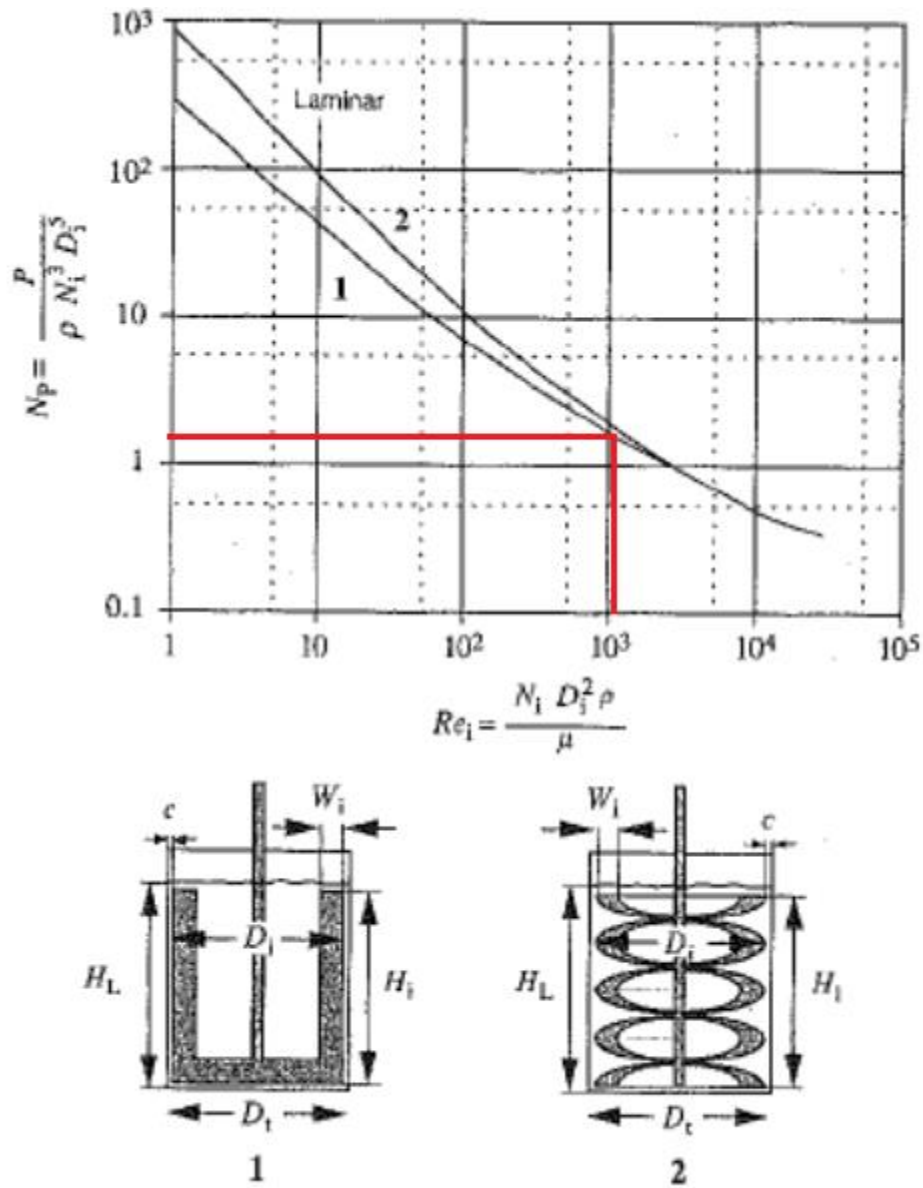


Figura 2. Determinación de número de potencia (N_p) para el cálculo de la potencia consumida por un agitador tipo ÁNCORA, en un tanque agitado. Fuente: "Principio de Ingeniería de los bioprocesos", Pauline M. Doran.

FIGURA 3. DETERMINACIÓN DE LA CONSTANTE “ f_t ” PARA EL CÁLCULO DEL TIEMPO ÓPTIMO DE AGITACIÓN DEL TANQUE

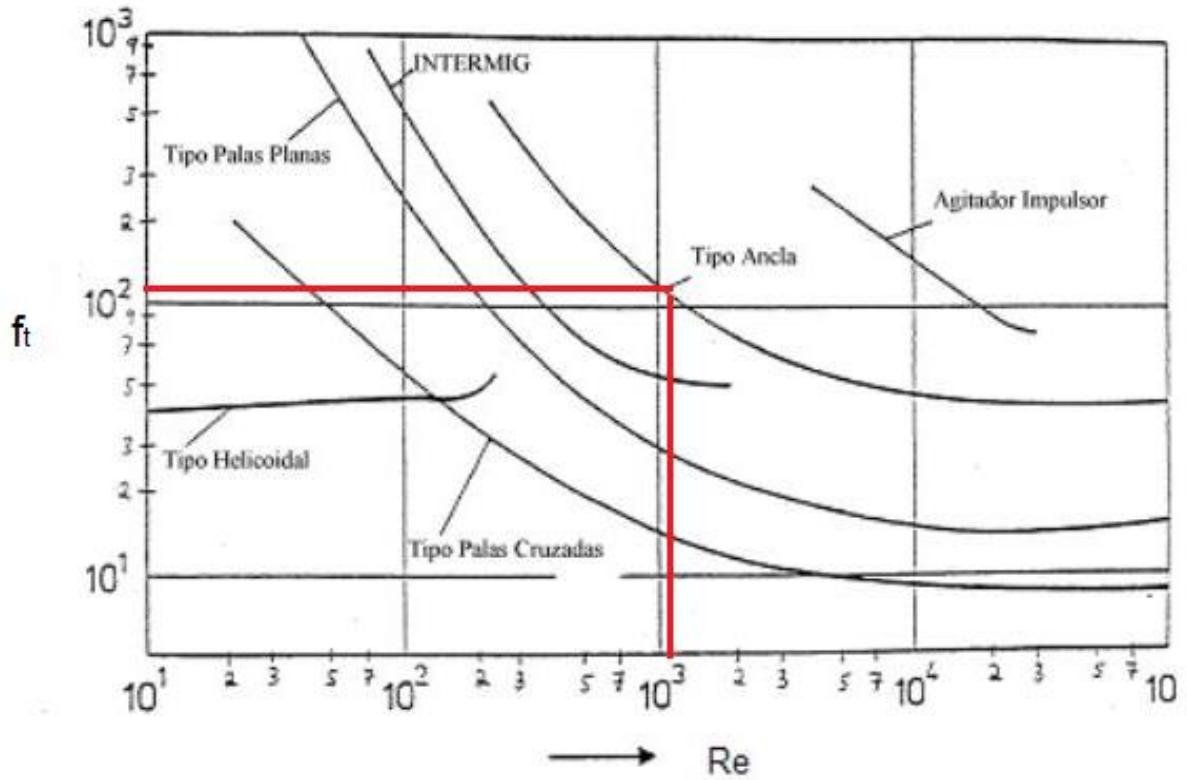


Figura 3. Determinación de la constante f_t para el cálculo del tiempo óptimo de mezclado de la cera en el tanque agitado.

FIGURA 4. DETERMINACIÓN DE LONGITUDES EQUIVALENTES

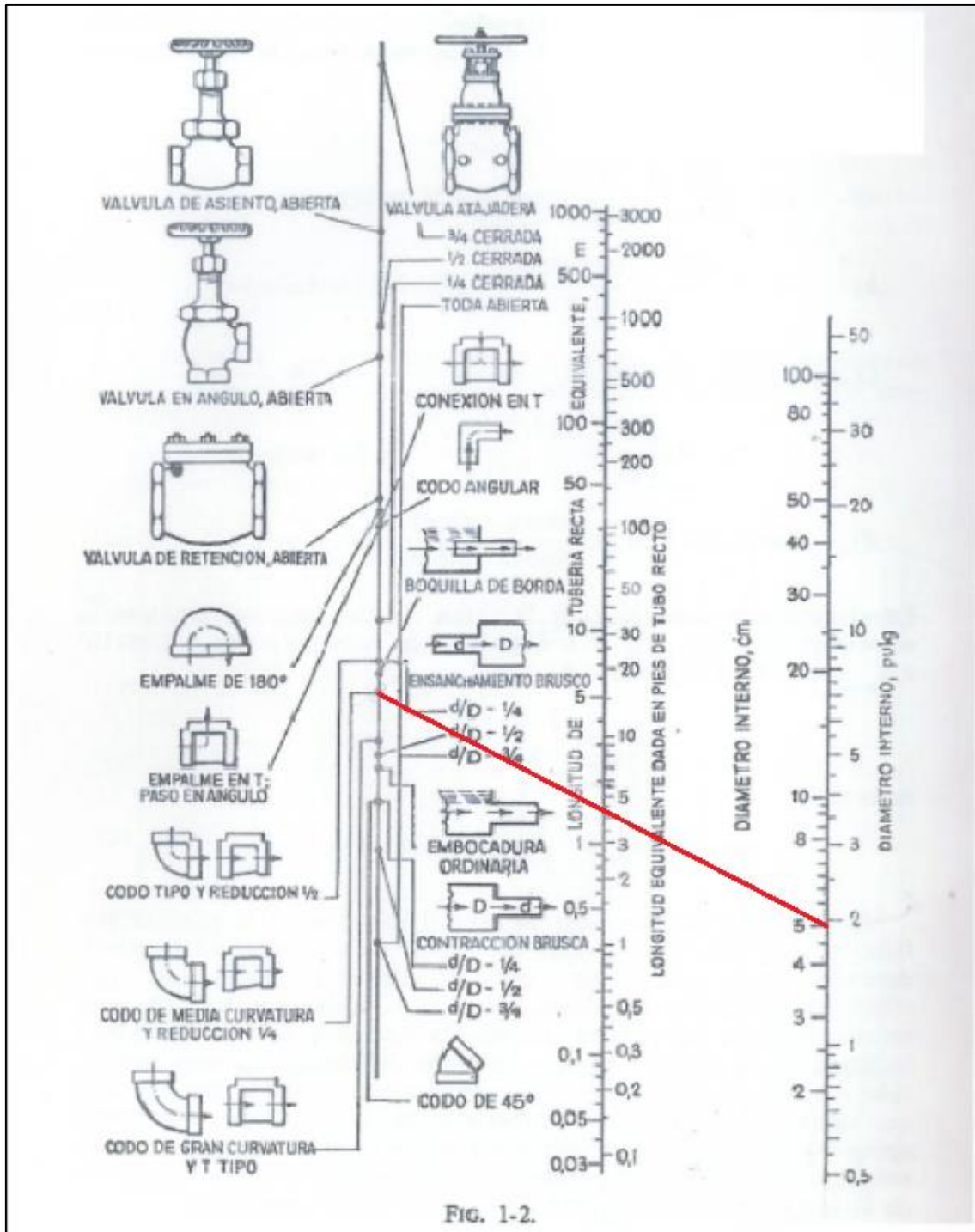


Figura 4. Gráfico para la determinación de la longitud equivalente de los accesorios en el cálculo de pérdidas de carga en las tuberías. Fuente: "Perry, Manual del ingeniero Químico".

ANEXO DE ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS

ANEXO I. SISTEMA DE AGITACIÓN ÁNCORA

Tanto el tanque de agitación, el agitador tipo áncora y el motorreductor es fabricado y suministrado por la empresa “MGT Liquid & Process Systems”.

Impellers

Anchor

Advantages:

Anchors are close-clearance impellers that fit the contour of the container.

Anchors obtain adequate mixing under the laminar flow conditions encountered in high viscosity applications.

There are many applications that other agitators are integrated with the anchor.

These impellers sweep the whole wall surface of the vessel and agitate most of the fluid batch through physical contact.

Wall scrapers can be mounted on the impeller blades to improve heat transfer with the wall and prevent sticking of pasty materials

Technical features:

Anchor impellers are used for liquid viscosities between 5,000 and 100,000 cP.

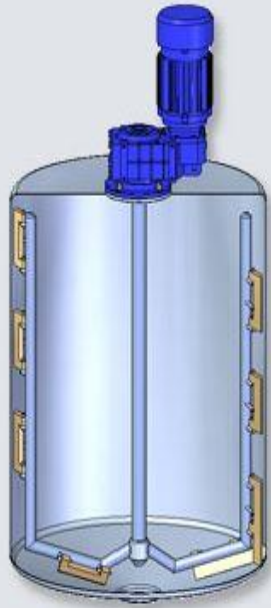
Applications:

- Ink
- Paint
- Souces
- Adhesive

Impellers:

- **Anchor**
- **Gate**
- **Helical ribbon**
- **High Efficiency**
- **MAG**
- **Marine Type**
- **Pitch Blade**
- **Rotor Stator**
- **Rushton**
- **Disperser disc**
- **UZ**
- **Specials**

Propeller



▪ Anchor with scrapers

ANEXO II. RESISTENCIAS LAMINARES PARA INTERCAMBIO DE CALOR

Para suministrar el calor necesario a cada uno de los tanques, se emplean resistencias flexibles laminares fabricadas y suministradas a medidas por la empresa *“Electricfor”*.

A continuación se describen sus características.

GRUPO 4 - Resistencias flexibles

4.15 - Resistencias laminares flexibles autoadhesivas

RESISTENCIAS LAMINARES FLEXIBLES, FABRICACIÓN A MEDIDA

Las resistencias flexibles de goma de sílice de hilo bobinado están disponibles en lotes de uno solo o en grandes cantidades casi sin límite a las variaciones de diseño para satisfacer las especificaciones del cliente. Un producto de gran calidad al mejor precio del mercado, combinado con tiempos de entrega rápidos, todo ello respaldado por un completo servicio de diseño y técnico para satisfacer los exigentes requerimientos de los clientes.

Todas las resistencias laminares flexibles están fabricadas conforme a las Directivas de la CEE de baja tensión y compatibilidad electromagnética e incorporan la marca de CEE.

La goma de sílice, debido a sus excelentes propiedades de tolerancia de altas temperaturas y aislamiento eléctrico es ideal para la producción de resistencias laminares calefactoras. Las resistencias laminares flexibles se producen laminando los hilos de resistencia uniformemente espaciados entre dos entre hojas de goma de sílice, reforzadas con una tela de vidrio que ofrece una resistencia mecánica mejorada.

Estos calefactores de superficie son aptos para aplicaciones en las que es necesario un calentamiento exacto y uniforme. Los hilos resistivos finos se colocan exacta y precisamente sobre áreas casi de cualquier forma y tamaño. El espaciado uniforme y próximo de los hilos asegura una distribución térmica uniforme sobre la totalidad del área de trabajo. La temperatura máxima de trabajo para una capa resistencia laminar de goma de sílice es de 200°C, lo que ofrece un generoso margen de seguridad para procesos breves de sobretensión de hasta 230°C. Puesto que las resistencias laminares calefactoras de goma de sílice son finas y ligeras tienen una masa térmica baja y por lo tanto se calientan rápidamente y responden con rapidez al control de la temperatura.



Las resistencias laminares calefactoras pueden fabricarse en casi cualquier tamaño y forma para adecuarse a la aplicación, incluyendo orificios y ranuras, sin interrumpir la distribución uniforme del calor. También está disponible una gama de limitadores o sensores de temperatura incorporados para adecuarse a la instrumentación del cliente.

Las resistencias laminares pueden suministrarse con un recubrimiento posterior autoadhesivo acrílico para facilitar su colocación y montaje. Si se precisa está disponible un sistema de adhesivo de sílice.

Estos calefactores también pueden fabricarse con argillas, correas, ganchos o Vetro para ofrecer más opciones de fijación.



Otra opción de fabricación de las resistencias laminares flexibles son los elementos preformados, con un mayor espesor de la capa de sílice y con una capa de fibra de vidrio, se consigue que la resistencia mantenga la forma cilíndrica deseada. Adecuada para calentamiento y mantenimiento de temperaturas en tuberías.



Por último, existe la posibilidad de que las resistencias laminares incorporen un capa de aislamiento de espuma de sílice que minimiza las pérdidas de calor del sistema. Disponible en espesor de 4 u 8 mm.

RESISTENCIAS LAMINARES FLEXIBLES, MODELOS NORMALIZADOS

Las resistencias laminares BSA se obtienen grabando al láser un circuito de aleación resistiva, recubierto posteriormente con un aislamiento bien de sílice, bien de kapton o bien de poliéster. Este proceso asegura una repetibilidad excelente de la plantilla del circuito y permite diseñar plantillas de distribución de calor complejas en el área del calefactor. Disponibles en densidades de potencia más alta con una salida de calor uniforme.

Las resistencias laminares BSA han sido diseñadas para emplearse en áreas donde son difíciles de aplicar los métodos de calentamiento estándar. Su flexibilidad les permite ajustarse a objetos de formas irregulares, creando por ello una distribución uniforme de calor en muchas aplicaciones de procesos críticos.

Para obtener unas óptimas prestaciones de estos productos, se recomienda que la detección de la temperatura y los elementos de control se incluyan dentro del sistema calefactor. Los calefactores BSA a ~240 V presentan un orificio circular en el centro de su superficie, en el cual se pueda ajustar un termostato bimetalico del tipo PK1 ó INT.

Disponibles con aislamiento:

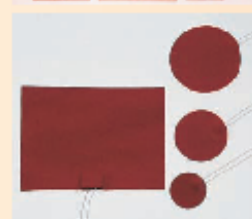
- Sílice: Posee excelentes propiedades de aislamiento eléctrico y gran tolerancia a la temperatura. La temperatura máxima de trabajo en continuo es de 200°C, con puntas de hasta 230°C.

Características generales

- Material del aislamiento externo: Caucho de sílice reforzado con tela de vidrio de 0,7mm ± 0,1 de espesor
- Adhesivo posterior 3M 966
- Temperatura máxima de funcionamiento 200°C
- Conexiones Cables de PTFE blanco de 500 mm

Código	Voltios	Wattios	Dimensiones en mm
BSA-100X150	~240	50	100 x 150
BSAB-100X150	~240	100	100 x 150
BSA-150X200	~240	100	150 x 200
BSAB-150X200	~240	200	150 x 200
BSA-200X300	~240	200	200 x 300
BSAB-200X300	~240	400	200 x 300
BSA-200X400	~240	267	200 x 400
BSAB-200X400	~240	533	200 x 400

Código	Voltios	Wattios	Dimensiones en mm
BSA12V-25x50	12 Vcc	1,25	25x50
BSA12V-50x50	12 Vcc	2,5	50x50
BSA12V-50x75	12 Vcc	3,75	50x75
BSA12V-50x100	12 Vcc	5	50x100
BSA12V-50x150	12 Vcc	7,5	50x150
BSA12V-75x100	12 Vcc	7,5	75x100
BSA12V-75x200	12 Vcc	15	75x200
BSA12V-100x100	12 Vcc	10	100x100
BSA12V-100x150	12 Vcc	15	100x150
BSA12V-150x200	12 Vcc	30	150x200
BSA12V-200x300	12 Vcc	60	200x300
BSA12V-200x400	12 Vcc	80	200x400
BSA12V-D 50	12 Vcc	2	Ø 50
BSA12V-D 75	12 Vcc	4	Ø 75
BSA12VD 100	12 Vcc	8	Ø 100




ANEXO III. SENSOR DE TEMPERATURA

El sensor para el control de la temperatura necesario en el tanque agitado es fabricado y suministrado por la empresa *"Instruments Express"*.

A continuación se expone su ficha técnica.

Temperatura

Termorresistencia

Sensor


Temperatura

Sondas y transmisores de calidad, a precios muy interesantes

Termorresistencia TST 425

Campo de aplicación

Adecuado para procesos (gas o líquidos) cuando el rango de medida está comprendido entre -50°C y +300°C

Ventajas

- Corto tiempo de respuesta
- Bajo coste
- Dimensiones reducidas
- Calidad probada

Características técnicas TST 425

- Conexión a proceso : 1/2" Gas
- Material : inox 316
- Diámetro del tubo : 6 mm
- Elemento Pt 100 : Clase B (3 hilos)
- Cabezal de conexión : Aluminio revestido de pintura epoxy
- Temperatura máxima : 300°C

Transmisor TMT 187

Campo de aplicación



Transmisor diseñado para su instalación en el cabezal de la sonda estándar DIN B.

Ventajas

- Gran precisión en la medida
- Conexión a 2 hilos
- Escala fija de medida
- Puesta en marcha sin calibración
- Sin interferencias
- Aislamiento galvánico

Características técnicas TMT 187

- Escalas de medida : 0... + 100°C / 0...+ 150°C / -40...+ 60°C
- Corriente de salida : 4-20 mA
- Tensión alimentación : 8-35 V DC
- Precisión de medida : 0.08% del valor de fondo de escala
- Carga máxima : 700 Ohm a 24 V/DC

Versión cabezal de sonda DIN B para transmisor 4-20 mA (TMT 187) o terminal cerámico. Transmisor no incluido.

Designación	Referencias	- Long. bajo conexión - Tipo conexión	Precio neto unidad
Sonda de temperatura	TST425-B2AA1B3N	Lg 100 mm, R1/2" G	
Cabezal DIN B (TA20A)	TST425-B3AA1B3N	Lg 150 mm, R1/2" G	55,14 Euros (9.175 Pts)
	TST425-B4AA1B3N	Lg 250 mm, R1/2" G	
Term. cerámico	60005544	Cabezal DIN B 3 hilos	13,50 Euros (2.246 Pts)


Referencias	Escala de temperatura	Precio neto unidad
TMT187-A31CA	- 40... + 60°C	
TMT187-A31FE	0... + 100°C	64,73 Euros (10.770 Pts)
TMT187-A31FG	0... + 150°C	

Para más de 5 equipos, contacte con nosotros directamente

Para más de 5 equipos, contacte con nosotros directamente

● Stock permanente

● Entrega en 24h o 48h



Tel.: 93/480.37.05

Fax: 93/480.33.77

Hoja de pedido en la última página

PROYECTO FIN DE CARRERA. MIGUEL RETE PINO

252

ANEXO IV. VISCOSÍMETRO EN LINEA DE PROCESO

Para el control de calidad del producto se utiliza un viscosímetro en línea, para comprobar que la viscosidad del producto esté dentro de especificaciones.

Este viscosímetro es fabricado y suministrado por la empresa "Anton-Paar".

Medición de viscosidad

L-Vis 510 es un viscosímetro de Anton Paar integrado directamente en la línea, que puede sumergirse directamente en el líquido de producción. Muestra de forma ininterrumpida la viscosidad en la temperatura de proceso y en la temperatura de referencia, permitiendo las 24 horas el monitoreo de los lubricantes, adhesivos de almidón, suspensiones y otros muchos líquidos de proceso. El L-Vis 510 puede utilizarse para lograr una calidad de producto consistente y reducir los rechazos de productos. Los datos exportados a un controlador se pueden utilizar para mantener el proceso de producción en un rango de viscosidad definido.

Características y ventajas

- ▶ Temperatura y viscosidad medidas en la línea
- ▶ Nuevo principio de medición, solamente disponible en Anton Paar
- ▶ Resultados estables, aún bajo condiciones adversas de flujo
- ▶ Para suspensiones, lubricantes, adhesivos de almidón y otros muchos líquidos de proceso



En posición para el monitoreo de la producción

El L-Vis 510 se instala directamente en el tubo o tanque de mezcla. No se requiere bypass. Adaptar el viscosímetro inline en las plantas existentes es una tarea simple. El líquido de proceso fluye a través del sensor, la viscosidad y la temperatura se miden simultáneamente y ambos se exhiben en la pantalla.

Los intervalos de mantenimiento dependen en gran parte del líquido de producción: El L-Vis 510 no requiere mantenimiento al medir lubricantes y aceites; la medición de suspensiones requiere un mantenimiento regular. Debido a la red mundial de subsidiarias y socios de ventas de Anton Paar, está a su disposición un técnico de servicio de Anton Paar donde lo necesite.

Valores medidos

- ▶ Viscosidad dinámica
- ▶ Temperatura de proceso

Valores calculados

- ▶ Viscosidad dinámica a temperatura de referencia (función Arrhenius)
- ▶ Viscosidad cinemática a temperatura de proceso
- ▶ Viscosidad cinemática a temperatura de referencia

Aplicaciones típicas

- ▶ Suspensiones
(cerámicas, pinturas de pared, placas de yeso, tejas, pinturas a base de agua, fluidos de perforación, pasta de batería, etc.)
- ▶ Aceites y lubricantes
- ▶ Adhesivos de almidón
(cajas corrugadas, bolsas de papel, cajas de papel, cartón sellado, enrollamiento para tubo de papel, cartón laminado, recubrimiento de cinta engomada, revestimiento de papel engomado, revestimiento textil)
- ▶ Viscosa

Instalación y operación de la posición de terminal

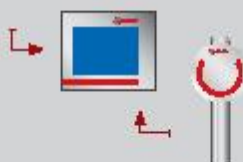
Terminal de operación integrada



Smart Sensor



Terminal de operación remota



Especificaciones

Sensor	DTRn 417 DTRn 427 (A)	DTRn 427 (a)	DTRn 407	DTRn 412	DTRn 402	DTRn 32 (B)	DTRn 115A 2T	DTRn 415 L 2T	DTRn 4214 (L3)
Métal des en contacto con la muestra (otras materiales a pedido)	1.4571, 316 Ti Hastelloy C276 Inconel 625	Terminado	Vidrio borosilicado	1.4571, 316Ti	Hastelloy C276	Hastelloy C276	1.4571, 316Ti	1.4571, 316Ti, Hastelloy C276, Material de recubrimiento de oro	Hastelloy C276
Diámetro interno del tubo/ Distancia a fondo	6,6	7	7	22	20	6,6	13		14,5 ± 0,5 L3 2,5
Conexión en el proceso	Rosca (paralela) 0,34" (8,63 mm)	Conexión de tubo DE 10 mm (3/8")	Vidrio borosilicado	1.4571, 316Ti	Hastelloy C276	Rosca (paralela) 0,34" (8,63 mm)	DN 11801 NW15	DN 2027 DN 203, 419B	Rosca (paralela) 0,34" (8,63 mm)
Rango de medición						De 0 a 3 g/cm ³ De 100 a 3000 m/s	De 800 a 3000 m/s		De 800 a 3000 m/s L.S. De 200 a 1000 m/s
Repetibilidad de la medición	1 x 10 ⁻⁴ Hart 5 x 10 ⁻⁴			1 x 10 ⁻⁴		5 x 10 ⁻⁶ 0,01 m/s	0,01 m/s		
Presión en el rango ajustado	1 x 10 ⁻⁴ Hart 5 x 10 ⁻⁴			1 x 10 ⁻⁴		5 x 10 ⁻⁶ 0,1 m/s	0,1 m/s		
Rango de temperatura (muestras)	De -25 a 125 °C, de -13 a 267 °F								
Rango de presión	máx. 5,0, máx. 725	máx. 10, máx. 145	máx. 60, máx. 725 según la SAE J	máx. 200, máx. 2500	máx. 50, máx. 725	máx. 15, máx. 217	máx. 14, máx. 203	máx. 100, máx. 1450 (según brida)	máx. 50, máx. 725
Caudal (agua)	De 100 a 500, de 25 a 125 (1000 máx., 250 máx.)								
Dimensiones						De 20 a 600, de 100 a 1000 (10.000 máx., 2500 máx.)	N/A		De 200 a 1000, de 50 a 375 (2500 máx., 625 máx.)
Dimensiones						470 x 274 x 130	280 x 274 x 101	120 x 110 x 80	250 x 120 x 80
Peso						10,5	4	3	3
Certificación ATEX	EEX a ISO 75								

Variable	DTR 407	DTR 4122	DTR 427	DTR 427 la	DTR 422	S3TR 4115 A	S3TR 4115 Vertvert	S3TR 4115 L	S3TR 4214(L3)
Materiales en contacto con la muestra (otras materiales a pedido)	Vidrio borosilicado	1.4571, 316Ti	Hastelloy C276 Inconel 625	Terminado	Hastelloy C276	1.4571, 316Ti	1.4571, 316Ti	1.4571, 316Ti, Hastelloy C276, Material 400, recubrimiento de oro	Hastelloy C276
Diámetro interno del tubo/ Distancia de fondo	7	22	6,6	7	20	13			14,6 ± 0,5
Conexión en el proceso	Conexión de tubos DE 10 mm (3/8")	Botón de tubo 1", Tri-Clamp DIN 150, DIN 11851, DIN 2032, ANSI	Rosca (paralela) 0,34" (8,63 mm)		Unión estandarizada 1/2"	DIN 11851 NW 65	Variant	DIN 2027, DIN 2032, ANSI	Rosca (paralela) 0,34" (8,63 mm)
Rango de medición		De 0 a 3 g/cm³							
Repetibilidad de la medición			5 x 10 ⁻⁴			De 800 a 3000 m/s			
Presión en el rango ajustado			2 x 10 ⁻⁴			0,1 m/s			
Rango de temperatura (muestras)						0,2 m/s			
Rango de presión	barr. psi máx. 10, máx. 145	máx. 10, máx. 125 (según la SAE)	máx. 50, máx. 725	De 0 a 100 °C, de 32 a 212 °F					
Caudal (agua)	De 100 a 500, de 25 a 125 (1000 máx., 250 máx.)	De 35 a 500, de 100 a 1000 (1000 máx., 250 máx.)	De 100 a 500, de 25 a 125 (1000 máx., 250 máx.)	De 100 a 500, de 25 a 125 (1000 máx., 250 máx.)	De 200 a 50, de 5 a 125 (1000 máx., 250 máx.)	N/A			De 200 a 1500, de 80 a 370 (2500 máx., 625 máx.)
Dimensiones	470 x 274 x 130 10,5	470 x 274 x 106 17	470 x 274 x 130 20	470 x 274 x 130 30	280 x 274 x 101	220 x 120 x 80			
Peso						3	3	4	3
Certificación ATDx	EEX a ISO 75								

ANEXO V. TANQUE PARA MATERIAS PRIMAS

Los tanques utilizados para el almacenamiento de las materia primas es fabricado y suministrado por la empresa *“SIEHE Mechanical & Electrical”*.

Las características sobre estos equipos vienen recogidas a continuación.

Products

Kettles & Tanks



Name: Tank with dished end
Category: Kettles & Tanks
Model: SLG Series
Capacity: 10-1500L

Intro

1. The tank is mainly used as mixing container for small batch production and temporary storage tank for small quantity materials. With brake wheels, remove easily or fixed. Inside and outside mirror polished, easy to clean. With cover to avoid material splashing during mixing and volatilization of the solvent materials. The bottom is with slight slope to empty materials completely. The bottom is with outlet, connect to pipeline or raise up to a certain height to facilitate materials discharging.
2. Tank with dished end is with round bottom to avoid dead corner during mixing.

Materials

The part contacting with materials can be SS304 or SS316L.

ANEXO VI. TANQUE DE DESCARGA

El tanque para la descarga del producto elaborado y su almacenamiento hasta dosificación, es fabricado y distribuido por la empresa *“SIEHE Mechanical & Electrical”*.

Las características sobre este equipo vienen recogidas a continuación.

Products

Kettles & Tanks



Name: Removable Tank
Category: Kettles & Tanks
Model: SLG Series
Capacity: 10-1500L

Intro

The tank is mainly used as mixing container for small batch production and temporary storage tank for small quantity materials. With brake wheels, remove easily or fixed. Inside and outside mirror polished, easy to clean. With cover to avoid material splashing during mixing and volatilization of the solvent materials. The bottom is with slight slop to empty materials completely. The bottom is with outlet, connect to pipeline or raise up to a certain height to facilitate materials discharging.

Materials

The part contacting with materials can be SS304 or SS316L.

ANEXO VII. SISTEMA DE LIMPIEZA CLEAN IN PLACE (CIP)

El sistema de limpieza diseñado en el presente proyecto es fabricado a medida por la empresa *“INOXPA”*.

Las características que posee son descritas a continuación.

Equipos Estándar sobre Bancada

CIP



1 Aplicación

La higiene es un factor esencial en los procesos alimentarios, cosméticos, farmacéuticos,...por lo que se requiere una correcta limpieza de todos los elementos (depósitos, tuberías, bombas, ...). Para responder a esta necesidad proponemos equipos de limpieza CIP automatizados, correctamente seleccionados y diseñados de acuerdo a cada instalación para garantizar una limpieza controlada y un óptimo rendimiento sin tener que desmontar los equipos ni la instalación.

1 Diseño y características

DISEÑO DEL CIP FIJO DE UNA LINEA

Consta de los siguientes elementos:

- 2 depósitos AISI 316, encamisados, para preparación de soluciones de limpieza. Fondos cónicos.
- 3º depósito AISI 304, sin encamisar
- El calentamiento se realiza por intercambiador de vapor, con válvula modulante de vapor y purgadores,...
- Dosificación de concentrados mediante bombas peristálticas, de pistón o membrana.
- Bomba de impulsión Hyginox SE de 5.5kW.
- Colectores fabricados en AISI 316 con válvulas de mariposa neumáticas con C-TOP.
- Bastidor con patas regulables en altura en AISI 304.
- Filtro en el retorno.
- Control de temperatura en los depósitos y en impulsión, y control de conductividad en el retorno.
- Control de niveles de los depósitos.
- Control de flujo en el retorno.
- Manómetro en la impulsión de la bomba.
- Visualización y mando con panel táctil de 10".
- Control del sistema mediante PLC Siemens.
- 5 programas: preparación, limpieza corta depósito, limpieza corta líneas, limpieza larga depósito y limpieza larga líneas. Activación manual de válvulas. Visualización del estado de la planta. Cambio de parámetros.
- Probado y verificado en nuestras instalaciones.



Equipos Estándar sobre Bancada

CIP

I Materiales

<i>Piezas en contacto con el producto</i>	<i>AISI 316L</i>
<i>Otras partes</i>	<i>AISI 304</i>
<i>Aislamiento</i>	<i>Lana de roca</i>
<i>Juntas (válvulas, bombas, conexiones)</i>	<i>EPDM</i>

I Opciones

Recirculación con bomba en los depósitos
Dosificación de desinfectante en línea o mediante depósito adicional.
Sistemas de comunicación entre el CIP y los otros cuadros de la instalación.
Válvulas sin C-TOP
Instalación de válvulas multivía en vez de válvulas de mariposa.
Intercambiador tubular.
Otras configuraciones de equipo (2 líneas simultáneas, mayor volumen, etc.).
Control de caudal.
Registro de parámetros de funcionamiento.
Posibilidad de equipo fijo (sin bancada) si el tamaño lo requiere.



Información orientativa. Reservándonos el derecho de modificar cualquier material o característica sin previo aviso. Para más información consulte nuestra página web. www.inoxpa.com



Prodotto in Italia

ANEXO VIII. RED DE TUBERÍAS

La red de tuberías AISI-304 necesaria para la instalación diseñada en este proyecto es fabricada y distribuida por la empresa *“Eduardo Cortina”*.

A continuación se presenta su ficha técnica.

Tubos de acero inoxidable con soldadura

CAUDADES:

304-304 L
316-316 L
321 bajo consulta

FORMA DE SUMINISTRO: Los tubos se suministrarán recocidos y decapados en longitudes estándar de 6 m.

Ø Ext. en mm.	Epesor pared en mm.	Peso en Kg.	Ø Ext. en mm.	Epesor pared en mm.	Peso en Kg.
6	1,0	0,13	30	1,0	0,73
8	1,0	0,18		1,2	0,87
10	1,0	0,23		1,5	1,08
12	1,0	0,28		2,0	1,41
				2,5	1,73
13	1,0	0,30	32	1,0	0,78
	1,2	0,36		1,2	0,93
	1,5	0,46		1,5	1,15
14	1,0	0,33		2,0	1,51
	1,2	0,39		2,5	1,86
	1,5	0,47	33	1,0	0,81
15	1,0	0,35		1,2	0,96
	1,2	0,42		1,5	1,19
	1,5	0,51		2,0	1,56
16	1,0	0,38		2,5	1,92
	1,2	0,45		3,0	2,27
	1,5	0,55	35	1,0	0,86
18	1,0	0,43		1,2	1,02
	1,2	0,51		1,5	1,27
	1,5	0,62		2,0	1,66
	2,0	0,81		2,5	2,05
19	1,0	0,45		3,0	2,42
	1,2	0,54	38	1,0	0,93
	1,5	0,66		1,2	1,11
	2,0	0,86		1,5	1,38
20	1,0	0,48		2,0	1,81
	1,2	0,57		2,5	2,24
	1,5	0,70		3,0	2,65
	2,0	0,91	40	1,0	0,98
22	1,0	0,53		1,2	1,17
	1,2	0,63		1,5	1,45
	1,5	0,77		2,0	1,91
	2,0	1,01		2,5	2,36
23	2,5	1,23		3,0	2,80
	1,0	0,55	43	1,0	1,06
	1,2	0,66		1,2	1,26
	1,5	0,81		1,5	1,57
	2,0	1,06		2,0	2,07
25	2,5	1,29		2,5	2,55
	1,0	0,60		3,0	3,02
	1,2	0,72	44,5	1,0	1,10
	1,5	0,89		1,2	1,31
	2,0	1,16		1,5	1,62
	2,5	1,42		2,0	2,14
28	1,0	0,68		2,5	2,64
	1,2	0,81		3,0	3,14
	1,5	1,00			
	2,0	1,31			
	2,5	1,61			

Tubos de acero inoxidable con soldadura

Tubos y Accesorios Inoxidables

Tubos de acero inoxidable con soldadura

Tubos y Accesorios Inoxidables

Tubos de acero inoxidable con soldadura

Ø Ext. en mm.	Epesor pared en mm.	Peso en Kg.	Ø Ext. en mm.	Epesor pared en mm.	Peso en Kg.
51	1,0	1,26	103	1,5	3,84
	1,2	1,51		2,0	5,09
	1,5	1,87		2,5	6,33
	2,0	2,47		3,0	7,56
	2,5	3,05	104	2,0	5,14
53	3,0	3,63		2,5	6,39
	1,5	1,95		3,0	7,63
	2,0	2,57	129	2,0	6,40
	2,5	3,18		2,5	7,97
54	3,0	3,78		3,0	9,52
	1,5	1,98	131	4,0	12,60
	2,0	2,62		2,0	6,50
57	2,5	3,24		2,5	8,09
	3,0	3,85		3,0	9,67
	1,5	2,10		4,0	12,80
63,5	2,0	2,77	153	2,0	7,61
	2,5	3,43		2,5	9,48
	3,0	4,08		3,0	11,34
69	1,5	2,34		4,0	15,02
	2,0	3,10	154	2,0	7,66
	2,5	3,84		2,5	9,54
	3,0	4,57		3,0	11,41
70	1,5	2,55		4,0	15,12
	2,0	3,38	204	2,0	10,18
	2,5	4,19		2,5	12,69
	3,0	4,99		3,0	15,19
73	1,5	2,59		4,0	20,16
	2,0	3,43	254	2,0	12,70
	2,5	4,25		2,5	15,84
	3,0	5,06		3,0	18,97
76	1,5	2,70		4,0	25,19
	2,0	3,58	255	2,0	12,75
	2,5	4,44		2,5	15,90
	3,0	5,29		3,0	19,05
83	1,5	2,82		4,0	25,30
	2,0	3,73	304	2,0	15,22
	2,5	4,63		2,5	18,99
	3,0	5,52		3,0	22,75
84	1,5	3,08		4,0	30,23
	2,0	4,01	306	2,0	15,32
	2,5	5,07		2,5	19,12
	3,0	6,05		3,0	22,90
84	1,5	3,12		4,0	30,44
	2,0	4,13	354	2,0	17,74
	2,5	5,13		2,5	22,14
	3,0	6,12		3,0	26,53
				4,0	35,27
			355	2,0	17,79
				2,5	22,20
				3,0	26,61
				4,0	37,37

ANEXO IX. AISLAMIENTO DE TUBERÍAS

El aislante utilizado para aislar las tuberías térmicamente y evitar así quemaduras de los operarios y la pérdida de calor en estas es fabricado por la empresa *“Ratsa”*.



Fiberglas® Aislamiento para Tubería

Mejor Desempeño Térmico con un Producto más Ligero, Manejable y 0% de shot.*

Descripción

Los materiales aislantes para Tuberías, Fiberglas® de Owens Corning están fabricados con fibras de vidrio inorgánicas aglutinadas con resina. Se presentan en preformados abisagrados de 36 pulg. (91.4 cm) de largo para su fácil y rápida instalación, sólo se tienen que abrir, colocar sobre la tubería, cerrar y fijar.

El aislamiento para Tubería, Fiberglas® está disponible en preformados con un corte longitudinal **abisagrado** en presentación ASJ (All Service Jacket), FSK (Foil Scrim Kraft) y sin recubrimiento.

La tubería ASJ y FSK cuentan con una barrera de vapor de foil de aluminio y papel kraft reforzado con fibra de vidrio con un cierre autoadhesivo doble DOUBLESURE+ que viene aplicado de fábrica, proporcionando un sello mecánico y una barrera de vapor para la junta longitudinal. Se recomienda usar cinta adhesiva transversal para lograr un sellado hermético e impedir la entrada de vapores, eliminando así la necesidad de adhesivos o flejes adicionales.

A partir de 18" de diámetro, el aislante para tuberías Fiberglas® ASJ y FSK viene con una solapa adhesiva.

Usos y Aplicaciones

El aislamiento para tubería con y sin recubrimiento que funciona con temperaturas de 0°F (-18°C) a 850°F (454°C), son aislamientos térmicos ideales para

* Material no convertida a Fibra.

* Marca Registrada de Morgan Adhesives Company.



tuberías de proceso y servicio, que conducen vapor, agua caliente, agua helada, refrigerantes, gases y toda clase de fluidos en que se requiera ahorrar energía. Por sus características, los preformados de fibra de vidrio son los de mayor uso en las áreas de: petroquímica básica, petroquímica secundaria, refinación, gas, farmacéutica, alimenticia, química y generación de electricidad. Además de aplicaciones en hoteles, hospitales, edificios comerciales, restaurantes y clubes deportivos.

Ventajas

■ Máxima eficiencia térmica

Garantiza la menor pérdida de calor del sistema, lo que se traduce en un ahorro en el consumo de energéticos y por consiguiente, se reduce la emisión de contaminantes.

■ Resistencia a la vibración

El diámetro y la longitud de nuestra fibra, además del tipo de fibrado, hacen que **no tenga shot (0% de shot)**. Esto impide que el aislamiento se asiente en los equipos sujetos a vibraciones. Al conservar su forma original se garantiza uniformidad en la conductividad térmica y flujo de calor en cualquier lugar.

● Baja conductividad térmica

Al tener la más baja conductividad térmica que cualquier otro aislante de su tipo garantiza menores pérdidas de calor y ahorro en combustible, por ello requiere menor espesor aislante, lo que hace que se tenga ahorro en productos de recubrimiento (aluminio, lámina galvanizada, fieltro) y un menor peso muerto en la tubería.



- **Incombustible**

Su naturaleza y componentes no combustibles evitan el riesgo de propagación del fuego, lo que reduce el costo de las primas de los seguros contra incendio.

- **Fácil de instalar y manejar**

No crea hongos ni bacterias, con lo que se evita la aparición de olores y se alarga la vida útil del material.

- **Dimensionalmente estable**

La fibra de vidrio no se expande ni se contrae al estar expuesta a bajas o altas temperaturas, con lo cual se evita la formación de aberturas que permitan la fuga o entrada de calor.

- **Inorgánico e inodoro**

No favorece la formación de hongos, ni bacterias con lo que se evita la aparición de olores y se alarga la vida útil del material.

- **Resiliente**

El diámetro y la longitud de la fibra le permiten al material recuperar su forma y espesor siempre y cuando la presión que lo de forma se retire, asegurando su valor R (resistencia térmica).

- **Bajos costos de operación**

Al utilizar un material de alta eficiencia térmica se incrementa la productividad de los equipos, ahorrando mayor energía que se traduce en la baja de costos de operación.

- **Bajo mantenimiento y larga duración**

La fibra de vidrio se caracteriza por su larga duración, por lo que los gastos de mantenimiento son mínimos y la reposición del aislamiento en un sistema bien instalado, es a largo plazo.

- **Ligero**

Es el material más ligero de su tipo en el mercado de los termoaislantes.

- **No favorece la corrosión**

La naturaleza no ferrosa de la fibra de vidrio no favorece la corrosión en acero, cobre y aluminio. Resultado: Mayor vida útil en equipos e instalaciones.

- **Flexible**

El diámetro y la longitud de nuestra fibra, lo vuelve resistente al impacto e irrompible, lo cual le permite conservar sus propiedades inclusive en tuberías sujetas a vibraciones.

Propiedades físicas

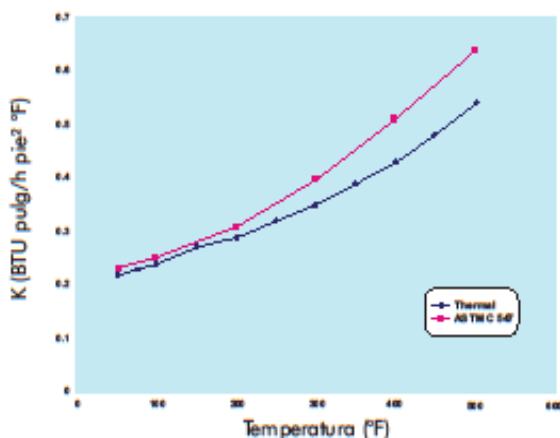
Propiedades Físicas	Método de Prueba	Valor
Límites de temperatura de uso	ASTM C 411	0°F a 850°F (-18°C a 454°C)*
Límites de temperatura de la barrera de vapor	ASTM C 1136	-20°F a 160°F (-29°C a 66°C)
Permeancia del ASJ barrera de vapor	ASTM E 96, Proc. A	0.02 perm.
Resistencia a la perforación	ASTM D 781	50 unidades
Características de combustión superficial	UL 723 o CAN/ULC-S102-M	Propagación de las llamas 25** Desprendimiento de humo 50**

*Limitado a aplicaciones de una sola capa por encima de 650°F (343°C), pero no más de 6 pulg. (15.24 cm) de espesor.

**Se ha determinado que las características de combustión superficial de estos productos están de acuerdo con lo dispuesto en UL 723 o CAN/ULC-S102-M. Se deben usar estas normas para medir y describir las propiedades de los materiales, productos o ensamblados en respuesta al calor y las llamas en condiciones controladas dentro de un laboratorio, pero no deben utilizarse para describir ni evaluar los peligros o riesgos de incendio de los materiales, productos o ensamblados en condiciones reales de incendio. Sin embargo, los resultados de esta prueba pueden usarse como elementos de una evaluación de riesgos de incendio que tenga en cuenta todos los factores que correspondan a una evaluación de peligro de incendio de un determinado uso en particular. Los valores que se indican están redondeados al quíntuple que corresponda por proximidad.

Gráfica de Conductividad Térmica

Gráfica de Conductividad Térmica (Aislamiento para Tubería vs. ASTM C 547)



Temp. Media °F	Temp. Media °C	Temp. Media °F	Temp. Media °C
50	10	10	0.032
75	25	25	0.034
100	50	50	0.037
150	100	100	0.043
200	125	125	0.047
250	150	150	0.051
300	175	175	0.056
350	200	200	0.062
400	225	225	0.068
450	250	250	0.075
500	275	275	0.082

▲ Temperatura promedio de la temperatura de operación y la temperatura superficial.

FACTOR DE CONVERSIÓN: BTU pulg/h °F = 0.146 W/m°C

Conductividad térmica aparente obtenida de acuerdo con la Práctica C 1045 de ASTM, obteniéndose por el Método de Prueba C 177 de ASTM.

Los valores son nominales y están sujetos a las tolerancias normales de ensayo y fabricación.

Normatividad

- NRF-034-PEMEX-2004, Aislamientos Térmicos para altas temperaturas en equipos, recipientes y tubería superficial.
- ASTM C 547, Preformado de Fibra Mineral para aislamiento de tuberías Tipo I a 850°F (454°C).
- ASTM C 1136, Aislamiento térmico flexible de baja densidad retardante al vapor Tipo I y II.
- ASTM C 795, Aislamiento térmico para el uso sobre acero inoxidable*.
- Mil Spec. MIL-1-22344D, Aislamiento térmico de fibra de vidrio para tubería.
- CAN/CGSB-519 - Tipo I, Clase 2.
- ASTM C 411, Método de prueba para el comportamiento de superficie caliente de aislantes térmicos para alta temperatura (Standard Test Method for Hot-Surface Performance of High-Temperature Thermal Insulation).
- ASTM E 96 Proc A, Método de prueba de transmisión de vapor de agua de materiales (Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials).
- ASTM D 781, Resistencia a la perforación en presentaciones ASJ y FSK.
- UL 723 (SBC 25/50), Prueba de características de combustibilidad de superficies de materiales de construcción (Test for Surface Burning Characteristics of Building Materials).
- ULC/CAN-S-102M (SBC 25/50), Características de combustibilidad de superficies de materiales de construcción y ensambles (Surface Burning Characteristics of Building Materials and Assemblies).
- ASTM E 84 (SBC 25/50), Método de Prueba de características de combustibilidad de superficies de materiales de construcción (Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials).
- NOM-009-ENER, Eficiencia Energética en aislamientos térmicos industriales.
- CFE-D-4500-04, Aislamiento térmico.
- NFPA 90A, (National Fire Protection Agency) Materiales suplementarios en sistemas de aire acondicionado y ventilación.

*Para realizar la prueba completa de pre-producción de un archivo es necesario contar con un análisis químico de cada lote de producción para su total conformidad.



Aislamiento para Tubería



Esposeres Recomendados
Aislamiento para Tubería Fiberglas®
Tuberías Calientes Ta= 25 °C (77 °F)¹

HASTA 65°C (150°F)										HASTA 121°C (250°F)										HASTA 177°C (350°F)										HASTA 232°C (450°F)													
Espesor nominal del tubo		R.C.		T.L		R.C.		T.L		R.C.		T.L		R.C.		T.L		R.C.		T.L		R.C.		T.L		R.C.		T.L		R.C.		T.L											
mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in										
1/2	127	1	25.4	7.44	7.15	28.7	83.6	1	25.4	20.0	19.23	33.8	92.9	1	25.4	36.2	34.80	40	100.0	1	1/2	38.0	45.9	44.13	38.9	102.0	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	53.3	51.24	41.1	106.0				
3/4	191	1	25.4	8.95	8.90	29.4	84.9	1	25.4	24.2	23.27	35.4	95.8	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	45.9	44.13	38.9	102.0	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	53.3	51.24	41.1	106.0				
1	254	1	25.4	9.28	8.90	28.8	83.9	1	25.4	25.0	24.00	34.2	93.5	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	45.9	44.13	38.9	102.0	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	53.3	51.24	41.1	106.0				
1 1/2	380	1	25.4	12.1	11.63	29.3	84.8	1	25.4	32.5	31.24	35.3	95.6	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	45.9	44.13	38.9	102.0	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	53.3	51.24	41.1	106.0				
2	510	1	25.4	14.1	13.56	29.5	85.1	1	25.4	38.2	36.72	35.8	96.5	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	45.9	44.13	38.9	102.0	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	53.3	51.24	41.1	106.0				
3	760	1	25.4	19.1	18.36	29.9	85.9	1	25.4	51.6	49.61	36.8	96.2	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	45.9	44.13	38.9	102.0	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	53.3	51.24	41.1	106.0				
4	1020	1	25.4	22.9	22.02	30.3	86.5	1	25.4	62.1	59.70	37.0	96.6	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	45.9	44.13	38.9	102.0	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	53.3	51.24	41.1	106.0				
6	1520	1	25.4	33.9	32.59	30.6	87.1	1	25.4	86.6	84.03	34.3	98.8	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	45.9	44.13	38.9	102.0	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	53.3	51.24	41.1	106.0				
8	2030	1	25.4	42.3	40.67	30.7	87.3	1	25.4	104.7	102.40	34.3	98.8	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	45.9	44.13	38.9	102.0	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	53.3	51.24	41.1	106.0				
10	2540	1	25.4	54.6	52.49	31.2	88.2	1	25.4	138.0	135.70	34.2	98.6	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	45.9	44.13	38.9	102.0	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	53.3	51.24	41.1	106.0				
12	3040	1	25.4	66.0	63.53	31.8	88.8	1	25.4	166.0	163.20	34.2	98.6	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	45.9	44.13	38.9	102.0	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	53.3	51.24	41.1	106.0				
14	3560	1	25.4	76.2	73.6	31.8	88.8	1	25.4	196.0	193.20	34.2	98.6	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	45.9	44.13	38.9	102.0	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	53.3	51.24	41.1	106.0				
16	4060	1	25.4	86.4	83.8	31.8	88.8	1	25.4	226.0	223.20	34.2	98.6	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	45.9	44.13	38.9	102.0	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	53.3	51.24	41.1	106.0				
18	4570	1	25.4	96.6	94.0	31.8	88.8	1	25.4	256.0	253.20	34.2	98.6	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	45.9	44.13	38.9	102.0	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	53.3	51.24	41.1	106.0				
20	5080	1	25.4	106.8	104.2	31.8	88.8	1	25.4	286.0	283.20	34.2	98.6	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	45.9	44.13	38.9	102.0	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	53.3	51.24	41.1	106.0				
24	6100	1	25.4	137.0	134.4	31.8	88.8	1	25.4	356.0	353.20	34.2	98.6	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	45.9	44.13	38.9	102.0	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	53.3	51.24	41.1	106.0				
26	6600	1	25.4	146.0	143.4	31.8	88.8	1	25.4	386.0	383.20	34.2	98.6	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	45.9	44.13	38.9	102.0	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	53.3	51.24	41.1	106.0				
28	7110	1	25.4	155.0	152.4	31.8	88.8	1	25.4	416.0	413.20	34.2	98.6	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	45.9	44.13	38.9	102.0	1	25.4	43.7	42.01	40.2	106.0	1	1/2	38.0	53.3	51.24	41.1	106.0				
30	7620	2	50.8	73.6	70.76	28.4	83.2	2	50.8	446.0	443.20	31.8	80.2	2	50.8	437.0	434.00	31.8	80.2	2	50.8	437.0	434.00	31.8	80.2	2	50.8	437.0	434.00	31.8	80.2	2	50.8	437.0	434.00	31.8	80.2	2	50.8	437.0	434.00	31.8	80.2

HASTA 287°C (550°F)										HASTA 343°C (650°F)										HASTA 399°C (750°F)										HASTA 464°C (860°F)										
Espesor		R.C.		T.L		R.C.		T.L		R.C.		T.L		R.C.		T.L		R.C.		T.L		R.C.		T.L		R.C.		T.L		R.C.		T.L		R.C.		T.L				
mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in			
1/2	127	2	50.8	87.0	64.41	44.4	112.0	2	50.8	82.2	79.02	44.4	112.0	2	50.8	110.0	105.75	50	122.0	2	50.8	110.0	105.75	50	122.0	2	50.8	110.0	105.75	50	122.0	2	50.8	110.0	105.75	50	122.0	2	50.8	110.0
3/4	191	2	50.8	77.7	74.70	47.2	117.0	2	50.8	93.6	89.96	46.7	116.0	2	50.8	126.0	121.13	52.8	127.0	2	50.8	126.0	121.13	52.8	127.0	2	50.8	126.0	121.13	52.8	127.0	2	50.8	126.0	121.13	52.8	127.0	2	50.8	126.0
1	254	2	50.8	72.5	69.70	14.1	106.0	2	50.8	100.7	96.81	46.1	115.0	2	50.8	132.0	117.29	46.7	116.0	3	76.0	147.0	141.30	47.8	118.0	3	76.0	147.0	141.30	47.8	118.0	3	76.0	147.0	141.30	47.8	118.0	3	76.0	147.0
1 1/2	380	2	50.8	83.9	80.66	40.6	105.0	2	50.8	116.6	112.10	45.6	114.0	2	50.8	142.0	136.51	46.7	116.0	3	76.0	171.0	164.30	48.3	119.0	3	76.0	171.0	164.30	48.3	119.0	3	76.0	171.0	164.30	48.3	119.0	3	76.0	171.0
2	510	2	50.8	102.0	98.06	43.3	110.0	2	50.8	142.1	136.61	49.4	121.0	2	50.8	169.0	162.47	50.6	123.0	3	76.0	201.0	193.23	51.7	125.0	3	76.0	201.0	193.23	51.7	125.0	3	76.0	201.0	193.23	51.7	125.0	3	76.0	201.0
3	760	2	50.8	134.4	128.82	45.6	114.0	2	50.8	161.5	155.26	47.2	117.0	3	76.0	194.0	186.51	48.3	119.0	3	76.0	230.0	221.11	50.0	122.0	3	76.0	230.0	221.11	50.0	122.0	3	76.0	230.0	221.11	50.0	122.0	3	76.0	230.0
4	1020	2	50.8	159.4	153.24	46.7	118.0	2	50.8	191.1	183.72	48.3	119.0	3	76.0	225.0	216.31	49.4	121.0	3	76.0	269.0	259.65	51.1	124.0	3	76.0	269.0	259.65	51.1	124.0	3	76.0	269.0	259.65	51.1	124.0	3	76.0	269.0
6	1520	2	50.8	184.0	176.89	43.9	111.0	3	76.0	224.4	215.73	46.1	115.0	3	76.0	302.0	290.33	52.2	126.0	3	76.0	346.0	332.63	53.3	128.0	3	76.0	346.0	332.63	53.3	128.0	3	76.0	346.0	332.63	53.3	128.0	3	76.0	346.0
8	2030	2	50.8	217.0	208.62	43.9	111.0	3	76.0	264.7	258.34	46.1	115.0	3	76.0	319.0	306.68	50.6	122.0	4	102.0	382.0	367.24	51.1	124.0	4	102.0	382.0	367.24	51.1	124.0	4	102.0	382.0	367.24	51.1	124.0	4	102.0	382.0
10	2540	2	50.8	264.0	253.80	45.0	113.0	3	76.0	319.5	307.16	47.8	118.0	3	76.0	393.0	388.20	50	122.0	4	102.0	454.0	436.46	52.8	127.0	4	102.0	454.0	436.46	52.8	127.0	4	102.0	454.0	436.46	52.8	127.0	4	102.0	454.0
12	3040	2	50.8	304.0	292.26	45.6	114.0	3	76.0	368.6	362.44	48.3	119.0	3	76.0	438.0	427.06	50	122.0	4	102.0	518.0	497.99	53.3	128.0	4	102.0	518.0	497.99	53.3	128.0	4	102.0	518.0	497.99	53.3	128.0	4	102.0	518.0
14	3560	3	76.0	393.0	381.68	43.3	110.0	3	76.0	406.8	391.08	49.4	121.0	3	76.0	483.0	464.34	51.7	125.0	4	102.0	555.0	533.95	53.9	129.0	4	102.0	555.0	533.95	53.9	129.0	4	102.0	555.0	533.95	53.9	129.0	4	102.0	555.0
16	4060	3	76.0	398.0	385.33	43.9	111.0	3	76.0	401.1	385.60	46.1	115.0	4	102.0	472.0	453.77	46.3	116.0	4	102.0	578.0	555.67	52.2	126.0	4	102.0	578.0	555.67	52.2	126.0	4	102.0	578.0	555.67	52.2	126.0	4	102.0	578.0
18	4570	3	76.0	392.0	348.02	43.9	111.0	3	76.0	443.0	405.89	46.7	116.0	4	102.0	500.0	499.99	46.9	120.0	4	102.0	611.0	606.13	52.8	127.0	4	102.0	611.0	606.13	52.8	127.0	4	102.0	611.0	606.13	52.8	127.0	4	102.0	611.0
20	5080	3	76.0	340.0	305.52	41.7	107.0	3	76.0	484.7	465.08	47.2	117.0	4	102.0	568.0	546.06	49	120.0	4	102.0	684.0	667.99	53.3	128.0	4	102.0	684.0	667.99	53.3	128.0	4	102.0	684.0	667.99	53.3	128.0	4	102.0	684.0
24	6100	3	76.0	400.0	393.20	41.7	107.0	4	102.0	494.4	475.30	44.4	112.0	4	102.0	664.0	638.35	50.6	122.0	4	102.0	810.0	778.71	53.9	129.0	4	102.0	810.0	778.71	53.9	129.0	4	102.0	810.0	778.71	53.9	129.0	4	102.0	810.0
26	6600	3	76.0	434.0	417.23	41.7	107.0	4	102.0	538.9	518.08	42.8	100.0	4	102.0	724.0	696.03	50.6	122.0	4	102.0	853.0	824.65	53.9	129.0	4	102.0	853.0	824.65	53.9	129.0	4	102.0	853.0	824.65	53.9	129.0	4	102.0	853.0
28	7110	3	76.0	464.0	446.07	42.2	108.0	4	102.0	571.1	552.88	45.0	113.0	4	102.0	773.0	745.14	50.6	123.0	4	102.0	915.0	879.65	53.9	129.0	4	102.0	915.0	879.65	53.9	129.0	4	102.0	915.0	879.65	53.9	129.0	4	102.0	915.0
30	7620	4	102.0	432.0	415.31	40.0	104.0	4	102.0	550.0	537.40	43.3	110.0	4	102.0	751.0	724.99	48.3	116.0	5	127.0	807.0	802.35	54.7	125.0	5	127.0	807.0	802.35	54.7	125.0	5	127.0	807.0	802.35	54.7	125.0	5	127.0	807.0

ANEXO X. CÉLULA DE PESAJE

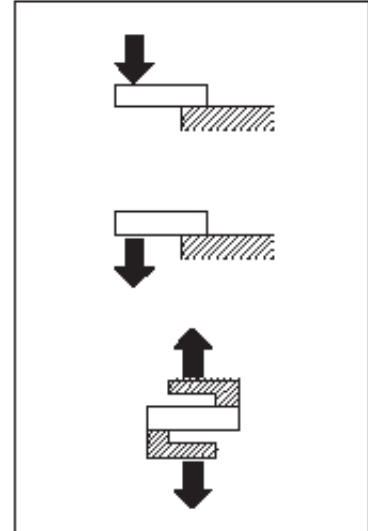
La célula de pesaje que actúa como sensor para la automatización de la planta es fabricada y diseñada por la empresa “Uticell”.

Las características técnicas se detallan a continuación.



MODELO 340

15kg ... 1500kg

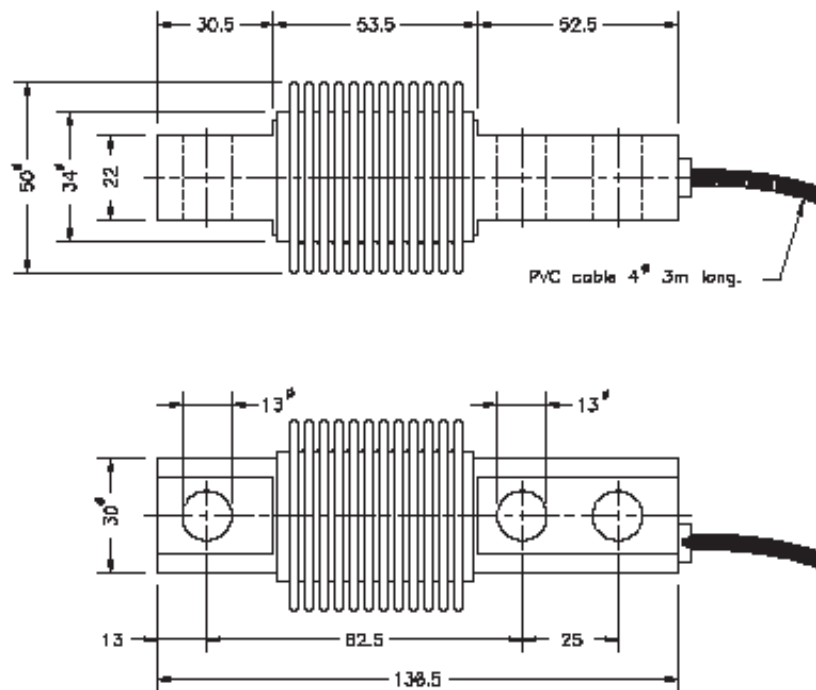


- Célula de carga de flexión
- Totalmente en acero inoxidable
- 3000 divisiones O.I.M.L. R60 clase C *
- Sellado hermético, completamente soldada
- Protección IP 68 (EN 60529)
- Disponible en versión **ATEX** (opcional)
Zona 0-1-2 (gas) y 20-21-22 (polvo)
- Bending beam load cell
- Fully stainless steel
- 3000 divisions O.I.M.L. R60 class C *
- Hermetically sealed, fully welded
- Protected IP 68 (EN 60529)
- Available in **ATEX** version (optional)
Zone 0-1-2 (gas) and 20-21-22 (dust)

Modelo Model	Carga nominal Nominal capacity Ln	Clase de precisión Accuracy class * n. OIML	División mínima Minimum division vmin	Carga de servicio Service load 160 % Ln	Carga límite Safe load 200 % Ln
340 15 kg	15 kg	3000	1.5 g	22 kg	30 kg
340 30 kg	30 kg	3000	3 g	45 kg	60 kg
340 50 kg	50 kg	3000	5 g	75 kg	100 kg
340 75 kg	75 kg	3000	7.5 g	112 kg	150 kg
340 100 kg	100 kg	3000	10 g	150 kg	200 kg
340 150 kg	150 kg	3000	15 g	225 kg	300 kg
340 200 kg	200 kg	3000	20 g	300 kg	400 kg
340 250 kg	250 kg	3000	25 g	375 kg	500 kg
340 300 kg	300 kg	3000	30 g	450 kg	600 kg
340 500 kg	500 kg	3000	50 g	750 kg	1000 kg
340 750 kg	750 kg	3000	75 g	1125 kg	1500 kg
340 1000 kg	1000 kg	3000	100 g	1500 kg	2000 kg
340 1500 kg	1500 kg	2000	150 g	2250 kg	2500 kg



MODELO 340

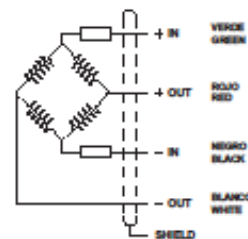


Dimensiones en mm. Dimensions in mm.

Peso transporte - Transport weight: 0.5 kg

ESPECIFICACIONES			SPECIFICATIONS
Cargas nominales (Ln)	15-30-50-75-100 150-200-250-300 500-750-1000-1500	kg	Nominal capacities (Ln)
Clase de precisión	3000	n. OIML (3)	Accuracy class
Carga mínima	0	%Ln	Minimum dead load
Carga de servicio	150	%Ln	Service load
Cargas límite	200	%Ln	Safe load limit
Error combinado	< ±0.017	%Sn (1) (3)	Total error
Error repetibilidad	< ±0.015	%Sn	Repeatability error
Efecto de la temperatura: en el cero en la sensibilidad	< ±0.01 < ±0.006	%Sn/5°K %Sn/5°K	Temperature effect: on zero on sensitivity
Error de fluencia (30 minutos)	< ±0.016	%Sn	Creep error (30 minutes)
Compensación de temperatura	-10...+40	°C	Temperature compensation
Límites de temperatura	-20...+50	°C	Temperature limits
Sensibilidad nominal (Sn)	2 ±0.1%	mV/V (2)	Nominal sensitivity (Sn)
Tensión de alimentación nominal	10	V	Nominal input voltage
Tensión de alimentación máxima	15	V	Maximum input voltage
Resistencia de entrada	400 ±20	Ω	Input impedance
Resistencia de salida	350 ±3	Ω	Output impedance
Desequilibrio inicial	< ±2	%Sn	No load output
Resistencia de aislamiento	> 5000	MΩ	Insulation resistance
Deformación máxima (a Ln)	0.2-0.4	mm	Maximum deflection (at Ln)
(1) Error combinado: No Linealidad e Histéresis / Total error: Non Linearity and Hysteresis			
(2) Ln ≤ 20 kg, 2 ±0.2%			
(3) 1500 kg: 2000 n. OIML			

CONEXION ELECTRICA ELECTRICAL CONNECTION:



ANEXO XI. CONVERTIDOR DE SEÑAL

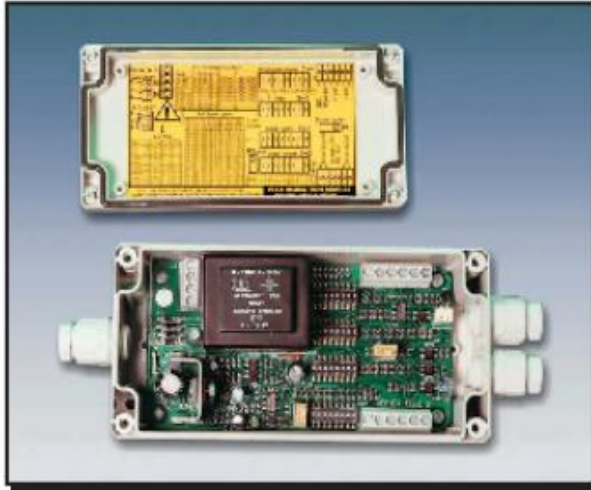
El convertidor de señal utilizado para la conversión analógica digital es fabricado y suministrado por la empresa “Uticell”.

Las características técnicas se detallan a continuación.



SGA/A
SGA/D

CONVERTIDOR ANALOGICO PARA CELULAS DE CARGA

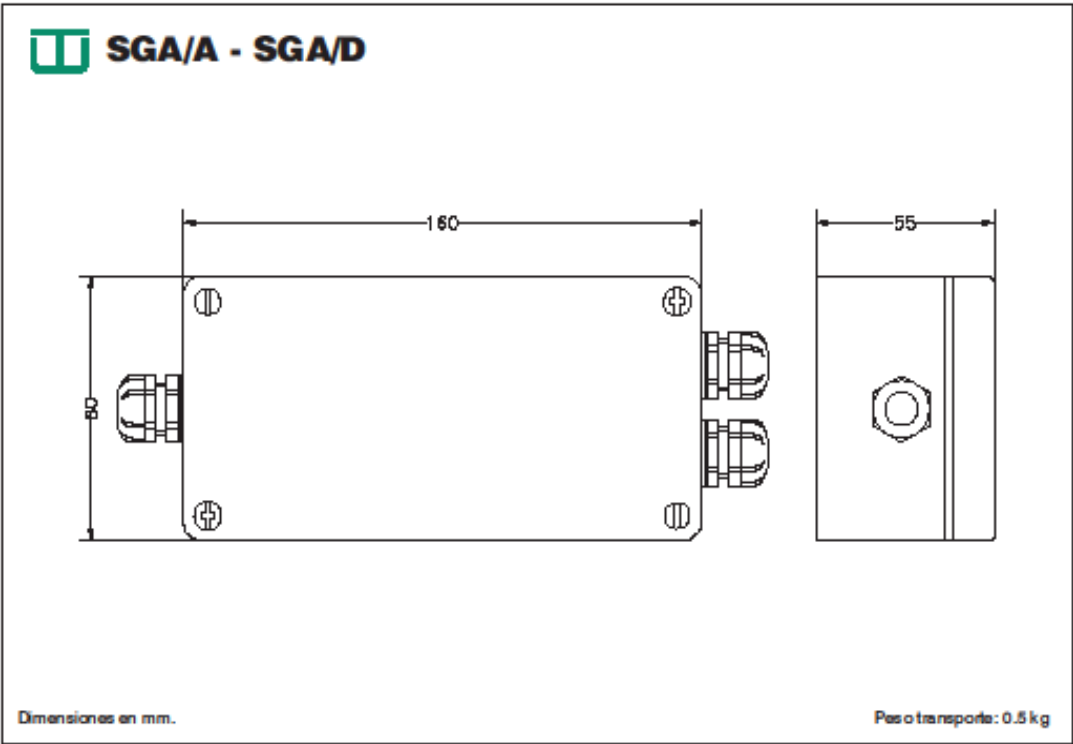


El convertidor SGA es un acondicionador de señal para células de carga y para transductores basados en galgas extensiométricas de puente de Wheatstone en general.

Convierte las señales de salida de las células de carga a diversos tipos de salidas estándar en instrumentación industrial. Mediante la selección de pequeños interruptores DIL se puede seleccionar: Salida de corriente 0-20 mA o 4-20 mA; Salida de tensión unipolar 0-5V o 0-10V y Salida de tensión bipolar $\pm 5V$ o $\pm 10V$.

Tiene filtro paso bajo integrado con frecuencia de corte seleccionable desde 1Hz hasta 5 KHz, permitiendo reducir las fluctuaciones inducidas por vibraciones o por ruido eléctrico, y proporcionar lecturas estables bajo condiciones adversas.

- Selección de salida analógica de tensión o corriente en un mismo equipo:
 $\pm 10V$, $\pm 5V$, 0-10V, 0-5V, 0-20mA, 4-20 mA.
- Sensibilidades de transductor seleccionables mediante interruptores DIL y potenciómetro de ajuste fino de ganancia (span).
- Ajuste de cero hasta un 80% mediante interruptores DIL y potenciómetro de ajuste fino de cero.
- Caja IP65 en ABS con prensaestopas.
Dimensiones: 160 x 80 x 55 mm.
- VERSIONES:
89060 mod. **SGA/A**
Alimentación 110 / 230 V AC 50/60Hz y 18/24 V DC
89061 mod. **SGA/D**
Alimentación 18/ 24 V DC



CARACTERISTICAS TECNICAS

Parámetro	Mín.	Típico	Máx.	Unidades
Alimentación (SGA/A):(110/230V AC) 50-60Hz	-	110/230	-	V AC
Alimentación (SGA/A y SGA/D) DC:	18	-	24	V DC
Consumo DC: (depende de la carga)	-	90	-	mA
Excitación de la célula:	-	10	-	V
Resistencia mínima de células:	85	-	-	Ohms
Sensibilidad del transductor (seleccionable):	0.06	-	29	mV/V
Ajuste de ganancia (Potenc. Fino):	0.06	-	1.0	mV/V
Ajuste de cero (Potenc. Fino):	0	-	±1.25	% FS
Ajuste de cero (Interrup. Grueso):	±1.25	-	±79	% FS
Corriente máx. de carga (Salida de tensión):	-	-	2	mA
Resistencia de carga (Salida de corriente):	0	-	500	Ohms
Ancho de banda (Sin filtro y >2mV/V)	DC	-	> 6	kHz
Frecuencia de corte (Seleccionable):	1	-	5000	kHz
Coefficiente de temperatura en el cero:	-	0.5	-	µV/°C
Coefficiente de temperatura en la span:	-	0.007	0.01	% /°C
Linealidad:	-	0.03	-	% FS
Estabilidad de la ganancia -1ª 1000 horas:	-	0.2	-	% FS
Estabilidad de la ganancia -2ª 1000 horas:	-	0.1	-	% FS
Estabilidad de Offset a 90 días:	-	3.3	-	µV
Temperatura de operación:	-10	-	50	°C
Temperatura de almacenamiento:	-20	-	70	°C
Humedad:	-	-	95	%

Opciones de salida analógica: ±10V, ±5V, 0-10V, 0-5V,
0-20mA, 4-20mA

Conexiones: Terminales de 2.5 mm²

Caja: ABS 160x80x55 sellado IP65 con 3 prensa-estopas

Controles: Potenciómetro fino de ganancia
Potenciómetro fino de cero
Interruptores de ganancia grueso
Interruptores de cero grueso
Interruptores de frecuencia de corte de filtro
Interruptores de opciones de salida analógica

ANEXO XII. TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

La tarjeta de adquisición de datos es fabricada y diseñada por la misma empresa que diseño *Labview*, “National Instruments”.

Las características técnicas se detallan a continuación.

NI 628x Specifications

Specifications listed below are typical at 25 °C unless otherwise noted. Refer to the *M Series User Manual* for more information about NI 628x devices.

Français Deutsch 日本語 한국어 简体中文
ni.com/manuals

Analog Input

Number of channels

NI 6280/6281	8 differential or 16 single ended
NI 6284/6289	16 differential or 32 single ended

ADC resolution 18 bits

DNL No missing codes
guaranteed

ENL Refer to the *AI Absolute
Accuracy Tables*

Sampling rate

Maximum	625 kS/s single channel, 500 kS/s multi-channel (aggregate)
Minimum	No minimum
Timing accuracy	50 ppm of sample rate
Timing resolution	50 ns

Input coupling DC

Input range ± 10 V, ± 5 V, ± 2 V, ± 1 V,
 ± 0.5 V, ± 0.2 V, ± 0.1 V

Maximum working voltage for analog inputs
(signal + common mode) ± 11 V of AI GND

CMRR (DC to 60 Hz) 110 dB

Input impedance

Device on	
AI+ to AI GND	>10 G Ω in parallel with 100 pF
AI- to AI GND	>10 G Ω in parallel with 100 pF

Device off

AI+ to AI GND	820 Ω
AI- to AI GND	820 Ω

Input bias current ± 100 pA

Crosstalk (at 100 kHz)

Adjacent channels	-75 dB
Non-adjacent channels	-95 dB

Small signal bandwidth (-3 dB) 750 kHz filter off,
40 kHz filter on

Input FIFO size 2,047 samples

Scan list memory 4,095 entries

Data transfers

PCI/PXI devices	DMA (scatter-gather), interrupts, programmed I/O
USB devices	USB Signal Stream, programmed I/O

Overvoltage protection

(AI <0..31>, AI SENSE, AI SENSE 2)

Device on	± 25 V for up to eight AI pins
Device off	± 15 V for up to eight AI pins

Input current during

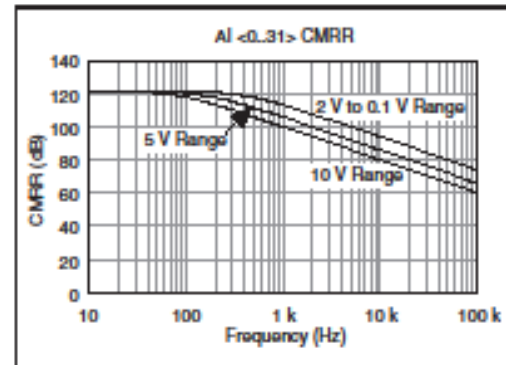
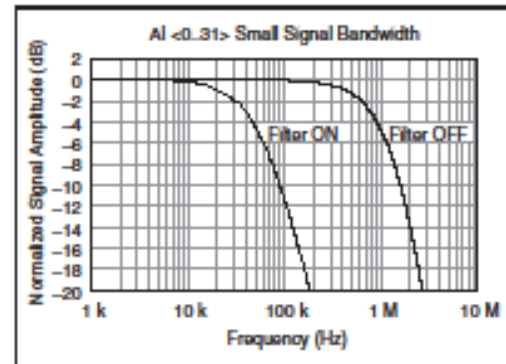
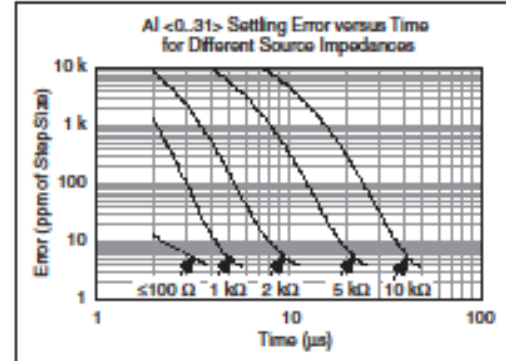
overvoltage condition ± 20 mA max/AI pin



Settling Time for Multichannel Measurements

Range	Filter Off		Filter On
	± 15 ppm of Step (± 4 LSB for Full Scale Step)	± 4 ppm of Step (± 1 LSB for Full Scale Step)	± 4 ppm of Step (± 1 LSB for Full Scale Step)
± 10 V, ± 5 V	2 μ s	8 μ s	50 μ s
± 2 V, ± 1 V, ± 0.5 V	2.5 μ s	8 μ s	50 μ s
± 0.2 V, ± 0.1 V	3 μ s	8 μ s	50 μ s

Typical Performance Graphs



Analog Triggers

Number of triggers	1
Source	
NI 6280/6281	AI <0..31>, APFI 0
NI 6284/6289	AI <0..31>, APFI <0..1>
Functions	Start Trigger, Reference Trigger, Pause Trigger, Sample Clock, Convert Clock, Sample Clock Timebase
Source level	
AI <0..31>	±Full scale
APFI <0..1>	±10 V
Resolution	10 bits, 1 in 1,024
Modes	Analog edge triggering, analog edge triggering with hysteresis, and analog window triggering
Bandwidth (–3 dB)	
AI <0..31>	700 kHz filter off, 40 kHz filter on
APFI <0..1>	5 MHz
Accuracy	±1%
APFI <0..1> characteristics	
Input impedance	10 kΩ
Coupling	DC
Protection	
Power on	±30 V
Power off	±15 V

Analog Output

Number of channels	
NI 6280/6284	0
NI 6281	2
NI 6289	4
DAC resolution	16 bits
DNL	±1 LSB
Monotonicity	16 bit guaranteed
Accuracy	Refer to the <i>AO Absolute Accuracy Table</i>
Maximum update rate	
1 channel	2.86 MS/s
2 channels	2.00 MS/s
3 channels	1.54 MS/s
4 channels	1.25 MS/s
Timing accuracy	50 ppm of sample rate
Timing resolution	50 ns
Output range	Offset ± reference, includes ±10 V, ±5 V, ±2 V, and ±1 V calibrated ranges
Offset	0 V, 5 V, APFI <0..1>, AO <0..3> ¹
Reference	10 V, 5 V, 2 V, 1 V, APFI <0..1>, AO <0..3> ¹
Maximum output level	±11 V
Output coupling	DC
Output impedance	0.2 Ω
Output current drive	±5 mA
Overdrive protection	±25 V
Overdrive current	20 mA
Power-on state	±5 mV ²
Power-on glitch	2.3 V peak for 1.2 s
Output FIFO size	8,191 samples shared among channels used

¹ An AO channel cannot be a reference or offset to itself.

² For all USB-6281/6289 Screw Terminal devices, when powered on, the analog output signal is not defined until after USB configuration is complete.

Data transfers

PCI/PXI devices.....DMA (scatter-gather), interrupts, programmed I/O

USB devices.....USB Signal Stream, programmed I/O

Calibration (AI and AO)

Recommended warm-up time

PCI/PXI devices 15 minutes

USB devices 30 minutes

Calibration interval 2 years

AO waveform modes:

- Non-periodic waveform
- Periodic waveform regeneration mode from onboard FIFO
- Periodic waveform regeneration from host buffer including dynamic update

Settling time, full scale step

15 ppm (1 LSB)..... 3 μ s

Slew rate..... 20 V/ μ s

Glitch energy at midscale transition, ± 10 V range

Magnitude..... 15 mV

Duration..... 0.5 μ s

External Reference

APF1 <0..1> characteristics

Input impedance..... 10 k Ω

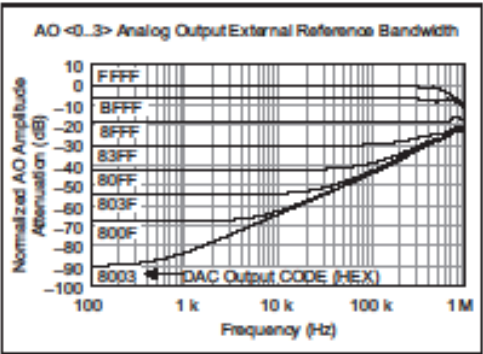
Coupling..... DC

Protection

Power on..... ± 30 V

Power off..... ± 15 V

Range..... ± 11 V



AI Absolute Accuracy Table (Filter On)

Nominal Range		Residual Gain Error (ppm of Reading)	Gain Tempco (ppm/°C)	Reference Tempco	Residual Offset Error (ppm of Range)	Offset Tempco (ppm of Range/°C)	INL Error (ppm of Range)	Random Noise, σ (μV rms)	Absolute Accuracy at Full Scale ¹ (μV)	Sensitivity ² (μV)
Positive Full Scale	Negative Full Scale									
10	-10	40	17	1	8	11	10	60	980	24
5	-5	45	17	1	8	11	10	30	510	12
2	-2	45	17	1	8	13	10	12	210	4.8
1	-1	55	17	1	15	15	10	7	120	2.8
0.5	-0.5	55	17	1	30	20	10	4	70	1.6
0.2	-0.2	75	17	1	45	35	10	3	39	1.2
0.1	-0.1	120	17	1	60	60	10	2	28	0.8

Accuracies listed are valid for up to two years from the device external calibration.

Absolute Accuracy = Reading - (GainError) + Range - (OffsetError) + NoiseUncertainty

GainError = ResidualGainError + GainTempco · (TempChangeFromLastInternalCal) + ReferenceTempco · (TempChangeFromLastExternalCal)

OffsetError = ResidualOffsetError + OffsetTempco · (TempChangeFromLastInternalCal) + INL_Error

NoiseUncertainty = $\frac{\text{Random Noise} \cdot 3}{\sqrt{100}}$ For a coverage factor of 3 σ and averaging 100 points.

¹ Absolute accuracy at full scale on the analog input channel is determined using the following assumptions:

TempChangeFromLastExternalCal = 10 °C

TempChangeFromLastInternalCal = 1 °C

number_of_readings = 100

CoverageFactor = 3 σ

For example, on the 10 V range, the absolute accuracy at full scale is as follows:

GainError = 40 ppm + 17 ppm · 1 + 1 ppm · 10 GainError = 67 ppm

OffsetError = 8 ppm + 11 ppm · 1 + 10 ppm OffsetError = 29 ppm

NoiseUncertainty = $\frac{60 \mu\text{V} \cdot 3}{\sqrt{100}}$ NoiseUncertainty = 18 μV

AbsoluteAccuracy = 10 V · (GainError) + 10 V · (OffsetError) + NoiseUncertainty Absolute Accuracy = 980 μV

² Sensitivity is the smallest voltage change that can be detected. It is a function of noise.

AI Absolute Accuracy Table (Filter Off)

Nominal Range		Residual Gain Error (ppm of Reading)	Gain Tempco (ppm/°C)	Reference Tempco	Residual Offset Error (ppm of Range)	Offset Tempco (ppm of Range/°C)	INL Error (ppm of Range)	Random Noise, σ (μ V/rms)	Absolute Accuracy at Full Scale ¹ (μ V)	Sensitivity ² (μ V)
Positive Full Scale	Negative Full Scale									
10	-10	45	17	1	10	11	10	70	1050	28.0
5	-5	50	17	1	10	11	10	35	550	14.0
2	-2	50	17	1	10	13	10	15	250	6.0
1	-1	60	17	1	17	15	10	12	130	4.8
0.5	-0.5	60	17	1	32	20	10	10	80	4.0
0.2	-0.2	80	17	1	47	35	10	9	43	3.6
0.1	-0.1	120	17	1	62	60	10	9	31	3.6

Accuracies listed are valid for up to two years from the device external calibration.

Absolute Accuracy = Reading - (GainError) + Range - (OffsetError) + NoiseUncertainty
GainError = ResidualGainError + GainTempco · (TempChangeFromLastInternalCal) + ReferenceTempco · (TempChangeFromLastExternalCal)
OffsetError = ResidualOffsetError + OffsetTempco · (TempChangeFromLastInternalCal) + INL_Error
NoiseUncertainty = $\frac{\text{Random Noise} \cdot 3}{\sqrt{100}}$ For a coverage factor of 3 σ and averaging 100 points.

¹ Absolute accuracy at full scale on the analog input channel is determined using the following assumptions:
TempChangeFromLastExternalCal = 10 °C
TempChangeFromLastInternalCal = 1 °C
number_of_readings = 100
CoverageFactor = 3 σ

For example, on the 10 V range, the absolute accuracy at full scale is as follows:
GainError = 45 ppm + 17 ppm · 1 + 1 ppm · 10 GainError = 72 ppm
OffsetError = 10 ppm + 11 ppm · 1 + 10 ppm OffsetError = 31 ppm
NoiseUncertainty = $\frac{70 \mu\text{V} \cdot 3}{\sqrt{100}}$ NoiseUncertainty = 21 μ V
AbsoluteAccuracy = 10 V · (GainError) + 10 V · (OffsetError) + NoiseUncertainty Absolute Accuracy = 1050 μ V

² Sensitivity is the smallest voltage change that can be detected. It is a function of noise.

AO Absolute Accuracy Table

Nominal Range		Residual Gain Error (ppm of Reading)	Gain Tempco (ppm/°C)	Reference Tempco	Residual Offset Error (ppm of Range)	Offset Tempco (ppm of Range/°C)	INL Error (ppm of Range)	Absolute Accuracy at Full Scale ¹ (µV)
Positive Full Scale	Negative Full Scale							
10	-10	55	15	1	30	12	32	1540
5	-5	60	15	1	30	17	32	820
2	-2	65	25	1	40	30	32	404
1	-1	85	25	1	57	50	32	259

¹ Absolute Accuracy at full scale numbers is valid immediately following internal calibration and assume the device is operating within 10 °C of the last external calibration. Accumulated errors are valid for up to two years from the device external calibration.

Absolute Accuracy = Output Value - ((GainError) + Range * (OffsetError))
GainError = ResidualGainError + GainTempco * (TempChangeFromLastExternalCal) + ReferenceTempco * (TempChangeFromLastExternalCal)
OffsetError = ResidualOffsetError + AOOffsetTempco * (TempChangeFromLastInternalCal) + INL_Error

Digital I/O/PFI

Static Characteristics

Number of channels

NI 6280/6281	24 total 8 (P0.<0..7>) 16 (PFI.<0..7>/P1, PFI.<8..15>/P2)
NI 6284/6289	48 total 32 (P0.<0..31>) 16 (PFI.<0..7>/P1, PFI.<8..15>/P2)

I/O type..... 5 V TTL/CMOS compatible

Ground reference..... D GND

Direction control..... Each terminal individually programmable as input or output

Pull-down resistor..... 50 k Ω typical, 20 k Ω minimum

Input voltage protection¹..... ± 20 V on up to two pins

Waveform Characteristics (Port 0 Only)

Terminals used

NI 6280/6281	Port 0 (P0.<0..7>)
NI 6284/6289	Port 0 (P0.<0..31>)

Port/sample size

NI 6280/6281	Up to 8 bits
NI 6284/6289	Up to 32 bits

Waveform generation (DO) FIFO... 2,047 samples

Waveform acquisition (DI) FIFO... 2,047 samples

DI Sample Clock frequency

PCI/PXI devices	0 to 10 MHz ²
USB devices	0 to 1 MHz system dependent ²

DO Sample Clock frequency

PCI/PXI devices

Regenerate from FIFO	0 to 10 MHz
Streaming from memory	0 to 10 MHz system dependent ²

USB devices

Regenerate from FIFO	0 to 10 MHz
Streaming from memory	0 to 1 MHz system dependent ²

Data transfers

PCI/PXI devices	DMA (scatter-gather), interrupts, programmed I/O
USB devices	USB Signal Stream, programmed I/O

DO or DI Sample

Clock source³..... Any PFI, RTSI, AI Sample or Convert Clock, AO Sample Clock, Ctr α Internal Output, and many other signals

PFI/Port 1/Port 2 Functionality

Functionality..... Static digital input, static digital output, timing input, timing output

Timing output sources..... Many AI, AO, counter, DI, DO timing signals

Debounce filter settings..... 125 ns, 6.425 μ s, 2.56 ms, disable, high and low transitions, selectable per input

¹ Stresses beyond those listed under *Input voltage protection* may cause permanent damage to the device.

² Performance can be dependent on bus latency and volume of bus activity.

³ The digital subsystem does not have its own dedicated internal timing engine. Therefore, a sample clock must be provided from another subsystem on the device or an external source.

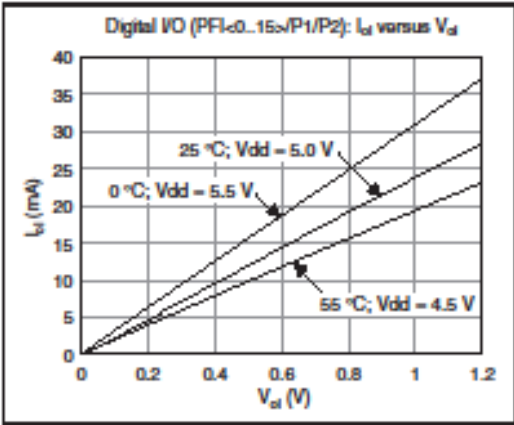
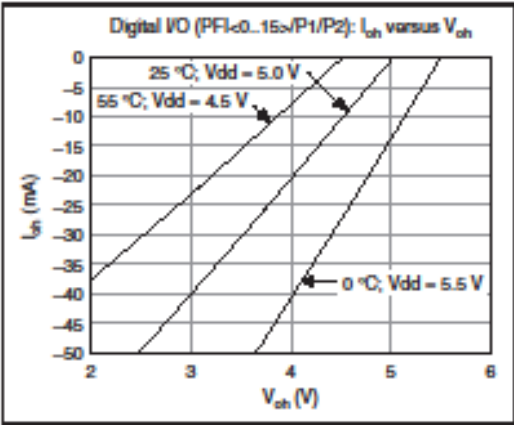
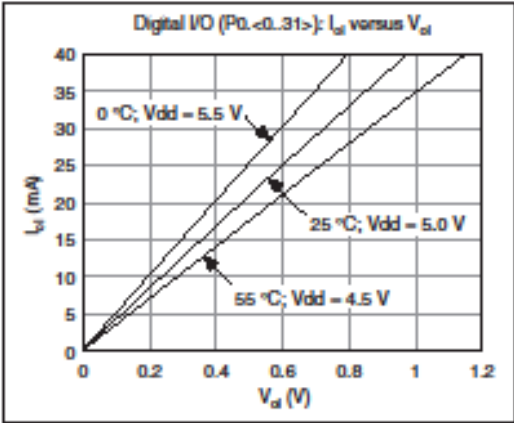
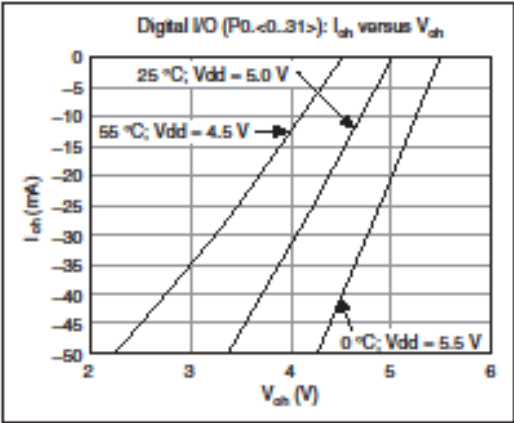
Recommended Operation Conditions

Level	Min	Max
Input high voltage (V_{IH})	2.2 V	5.25 V
Input low voltage (V_{IL})	0 V	0.8 V
Output high current (I_{OH})		
P0, <0..31>	—	–24 mA
PFI <0..15>/P1/P2	—	–16 mA
Output low current (I_{OL})		
P0, <0..31>	—	24 mA
PFI <0..15>/P1/P2	—	16 mA

Electrical Characteristics

Level	Min	Max
Positive-going threshold (V_{T+})	—	2.2 V
Negative-going threshold (V_{T-})	0.8 V	—
Delta VT hysteresis ($V_{T+} - V_{T-}$)	0.2 V	—
I_{IL} input low current ($V_{IS} = 0$ V)	—	–10 μ A
I_{IH} input high current ($V_{IS} = 5$ V)	—	250 μ A

Digital I/O Characteristics



General-Purpose Counter/Timers

Number of counter/timers	2
Resolution	32 bits
Counter measurements	Edge counting, pulse, semi-period, period, two-edge separation
Position measurements	X1, X2, X4 quadrature encoding with Channel Z reloading; two-pulse encoding
Output applications	Pulse, pulse train with dynamic updates, frequency division, equivalent time sampling
Internal base clocks	80 MHz, 20 MHz, 100 kHz
External base clock frequency	0 to 20 MHz
Base clock accuracy	50 ppm
Inputs	Gate, Source, HW_Arm, Aux, A, B, Z, Up_Down
Routing options for inputs	Any PFI, RTSI, PXI_TRIG, PXI_STAR, analog trigger, many internal signals
FIFO	2 samples
Data transfers	
PCI/PXI devices	Dedicated scatter-gather DMA controller for each counter/timer, interrupts, programmed I/O
USB devices	USB Signal Stream, programmed I/O

Frequency Generator

Number of channels	1
Base clocks	10 MHz, 100 kHz
Divisors	1 to 16
Base clock accuracy	50 ppm
Output is available on any PFI or RTSI terminal	

Phase-Locked Loop (PLL) (PCI/PXI Devices Only)

Number of PLLs	1
Reference signal	PXI_STAR, PXI_CLK10, RTSI <0..7>
Output of PLL	80 MHz Timebase; other signals derived from 80 MHz Timebase including 20 MHz and 100 kHz Timebases

External Digital Triggers

Source	Any PFI, RTSI, PXI_TRIG, PXI_STAR
Polarity	Software-selectable for most signals
Analog input function	Start Trigger, Reference Trigger, Pause Trigger, Sample Clock, Convert Clock, Sample Clock Timebase
Analog output function	Start Trigger, Pause Trigger, Sample Clock, Sample Clock Timebase
Counter/timer function	Gate, Source, HW_Arm, Aux, A, B, Z, Up_Down
Digital waveform generation (DO) function	Sample Clock
Digital waveform acquisition (DI) function	Sample Clock

Device-To-Device Trigger Bus

PCI devices	RTSI <0..7> ¹
PXI devices	PXI_TRIG <0..7>, PXI_STAR
USB devices	None

¹ In other sections of this document, *RTSI* refers to RTSI <0..7> for PCI devices or PXI_TRIG <0..7> for PXI devices.

Output selections	10 MHz Clock; frequency generator output; many internal signals
Debounce filter settings	125 ns, 6.425 μ s, 2.56 ms, disable; high and low transitions; selectable per input

Bus Interface

PCI/PXI devices	3.3 V or 5 V signal environment
USB devices	USB 2.0 Hi-Speed or Full-Speed ^{1,2}
DMA channels (PCI/PXI devices)	6, analog input, analog output, digital input, digital output, counter/timer 0, counter/timer 1
USB Signal Stream (USB devices)	4, can be used for analog input, analog output, digital input, digital output, counter/timer 0, counter/timer 1

All PXI-628x devices support one of the following features:

- May be installed in PXI Express hybrid slots
- Or, may be used to control SCXI in PXI/SCXI combo chassis

Table 1. PXI/SCXI Combo and PXI Express Chassis Compatibility

M Series Device	M Series Part Number	SCXI Control in PXI/SCXI Combo Chassis	PXI Express Hybrid Slot Compatible
PXI-6280	191501C-04	No	Yes
PXI-6281	191501C-03	No	Yes
PXI-6284	191501C-02	No	Yes
PXI-6289	191501C-01	No	Yes
	191501C-11	Yes	No
Earlier versions of PXI-628x	191501A-0x 191501B-0x	Yes	No

Power Requirements

PCI/PXI devices

Current draw from bus during no-load condition³

+5 V	0.03 A
+3.3 V	0.78 A
+12 V	0.40 A
-12 V	0.06 A

Current draw from bus during AI and AO overvoltage condition³

+5 V	0.03 A
+3.3 V	1.26 A
+12 V	0.43 A
-12 V	0.06 A



Caution USB-628x devices *must* be powered with NI offered AC adapter or a National Electric Code (NEC) Class 2 DC source that meets the power requirements for the device and has appropriate safety certification marks for country of use.

¹ If you are using a USB M Series device in full-speed mode, device performance will be lower and you will not be able to achieve maximum sampling/update rates.

² Operating on a full-speed bus may result in lower performance.

³ Does not include P0/P1/P1/P2 and +5 V terminals.

USB devices

Power supply requirements	11 to 30 VDC, 20 W, locking or non-locking power jack with 0.080 in. diameter center pin, 5/16–32 thread for locking collars
Power supply fuse	2 A, 250 V

Power Limits



Caution Exceeding the power limits may cause unpredictable behavior by the device and/or PC/chassis.

PCI devices

+5 V terminal (connector 0)	1 A max ¹
+5 V terminal (connector 1)	1 A max ¹

PXI devices

+5 V terminal (connector 0)	1 A max ¹
+5 V terminal (connector 1)	1 A max ¹
PQ/PH/P1/P2 and +5 V terminals combined	2 A max

USB devices

+5 V terminal	1 A max ²
PQ/PH/P1/P2 and +5 V terminals combined	2 A max

Physical Requirements

Printed circuit board dimensions

NI PCI-6280/6281/6284/6289	10.6 cm × 15.5 cm (4.2 in. × 6.1 in.)
NI PXI-6280/6281/6284/6289	Standard 3U PXI

Enclosure dimensions (includes connectors)

NI USB-6281/6289	
Mass Termination	18.8 × 17.09 × 4.45 cm (7.4 × 6.73 × 1.75 in.)
NI USB-6281/6289	
Screw Terminal	26.67 × 17.09 × 4.45 cm (10.5 × 6.73 × 1.75 in.)
NI USB-6258/6289 OEM	Refer to the <i>NI USB-622x/625x/628x OEM User Guide</i>

Weight

NI PCI-6280	151 g (5.3 oz)
NI PCI-6281	158 g (5.6 oz)
NI PCI-6284	159 g (5.6 oz)
NI PCI-6289	167 g (5.9 oz)
NI PXI-6280	218 g (7.7 oz)
NI PXI-6281	225 g (7.9 oz)
NI PXI-6284	229 g (8.1 oz)
NI PXI-6289	237 g (8.4 oz)
NI USB-6281	
Mass Termination	1.04 kg (2 lb 4.5 oz)
NI USB-6289	
Mass Termination	1.06 kg (2 lb 5.5 oz)
NI USB-6281 OEM	261 g (9.2 oz)
NI USB-6289 OEM	274 g (9.6 oz)
NI USB-6281 Screw Terminal	1.46 kg (3 lb 3.4 oz)
NI USB-6289 Screw Terminal	1.52 kg (3 lb 5.5 oz)

I/O connector

NI PCI/PXI-6280/6281	1 68-pin VHDCI
NI PCI/PXI-6284/6289	2 68-pin VHDCI
NI USB-6281	
Mass Termination	1 68-pin SCSI
NI USB-6289	
Mass Termination	2 68-pin SCSI
NI USB-6281 OEM	1 34-pin IDC, 1 50-pin IDC
NI USB-6289 OEM	2 34-pin IDC, 2 50-pin IDC
NI USB-6281 Screw Terminal	64 screw terminals
NI USB-6289 Screw Terminal	128 screw terminals

USB-6281/6289 Screw Terminal

wiring	16–28 AWG
--------	-----------

¹ Older revisions have a self-resetting fuse that opens when current exceeds this specification. Newer revisions have a traditional fuse that opens when current exceeds this specification. This fuse is not customer-replaceable; if the fuse permanently opens, return the device to NI for repair.

² Has a user-replaceable socketed fuse that opens when current exceeds this specification. Refer to the *M Series User Manual* for information about fuse replacement.

Maximum Working Voltage¹

NI 6280/6281/6284/6289

Channel to earth.....11 V,
Measurement Category I



Caution Do not use for measurements within Categories II, III, or IV.

Environmental

Operating temperature

PC/PI/PXI devices.....0 to 55 °C

USB devices.....0 to 45 °C

Storage temperature.....-20 to 70 °C

Humidity.....10 to 90% RH,
noncondensing

Maximum altitude.....2,000 m

Pollution Degree
(indoor use only).....2

Shock and Vibration (PXI Devices Only)

Operational shock.....30 g peak, half-sine,
11 ms pulse
(Tested in accordance
with IEC-60068-2-27.
Test profile developed
in accordance with
MIL-PRF-28800F.)

Random vibration

Operating.....5 to 500 Hz, 0.3 g_{rms}

Nonoperating.....5 to 500 Hz, 2.4 g_{rms}
(Tested in accordance
with IEC-60068-2-64.
Nonoperating test profile
exceeds the requirements
of MIL-PRF-28800F,
Class 3.)

Safety

This product meets the requirements of the following standards of safety for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- IEC 61010-1, EN 61010-1
- UL 61010-1, CSA 61010-1



Note For UL and other safety certifications, refer to the product label or the *Online Product Certification* section.

Electromagnetic Compatibility

This product meets the requirements of the following EMC standards for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- EN 61326 (IEC 61326): Class A emissions;
Basic Immunity
- EN 55011 (CISPR 11): Group 1, Class A emissions
- AS/NZS CISPR 11: Group 1, Class A emissions
- FCC 47 CFR Part 15B: Class A emissions
- ICES-001: Class A emissions



Note For the standards applied to assess the EMC of this product, refer to the *Online Product Certification* section.



Note For EMC compliance, operate this product according to the documentation.



Note For EMC compliance, operate this device with shielded cables.

CE Compliance

This product meets the essential requirements of applicable European Directives as follows:

- 2006/95/EC; Low-Voltage Directive (safety)
- 2004/108/EC; Electromagnetic Compatibility Directive (EMC)

Online Product Certification

Refer to the product Declaration of Conformity (DoC) for additional regulatory compliance information. To obtain product certifications and the DoC for this product, visit ni.com/certification, search by model number or product line, and click the appropriate link in the Certification column.

¹ Maximum working voltage refers to the signal voltage plus the common-mode voltage.

Environmental Management

NI is committed to designing and manufacturing products in an environmentally responsible manner. NI recognizes that eliminating certain hazardous substances from our products is beneficial to the environment and to NI customers.

For additional environmental information, refer to the *NI and the Environment* Web page at ni.com/environment. This page contains the environmental regulations and directives with which NI complies, as well as other environmental information not included in this document.

Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)



EU Customers At the end of their life cycle, all products must be sent to a WEEE recycling center. For more information about WEEE recycling centers and National Instruments WEEE initiatives, visit ni.com/environment/weee.htm.

电子信息产品污染防治管理办法（中国 RoHS）



中国客户 National Instruments 符合中国电子信息产品中限制使用某些有害物质指令 (RoHS)。关于 National Instruments 中国 RoHS 合规性信息，请登录 ni.com/environment/rohs_china。(For information about China RoHS compliance, go to ni.com/environment/rohs_china.)

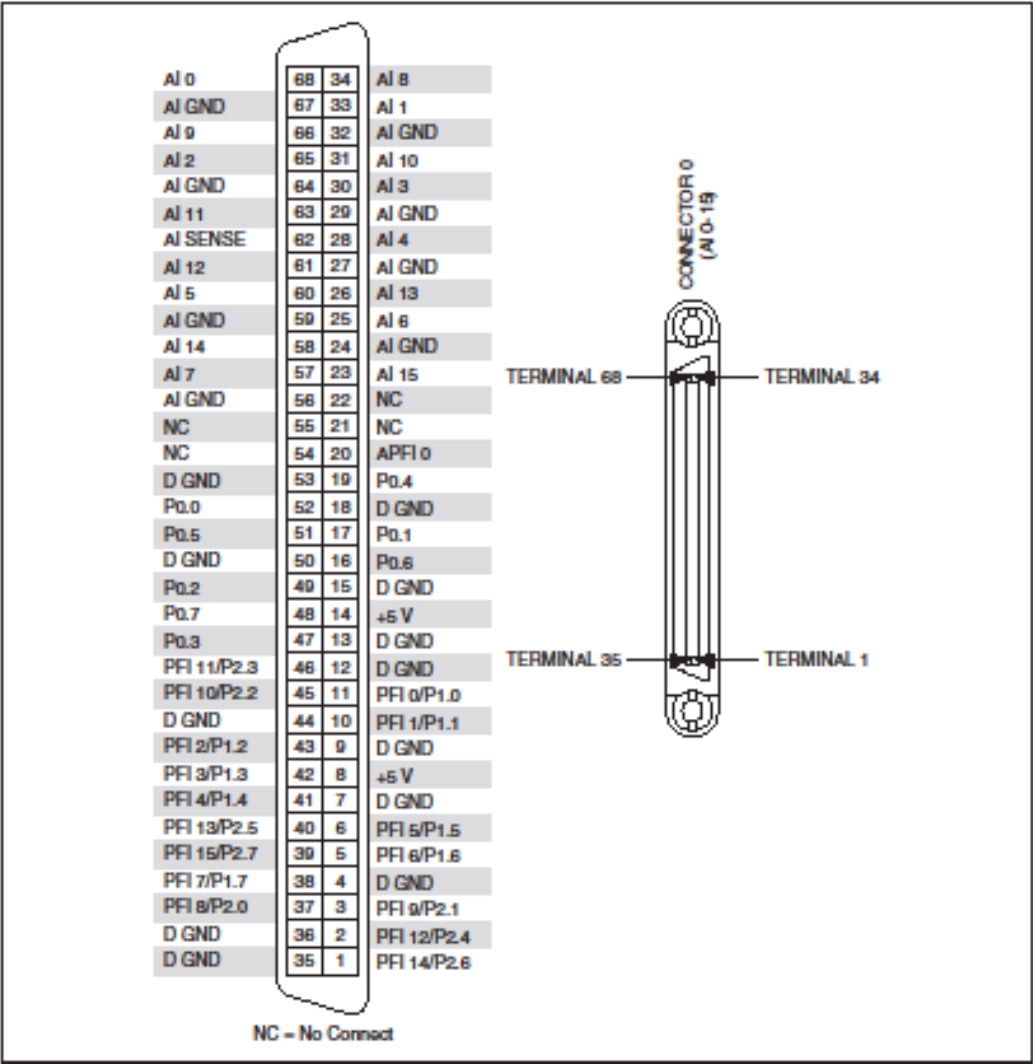


Figure 1. NI PCI/PXI-6280 Pinout

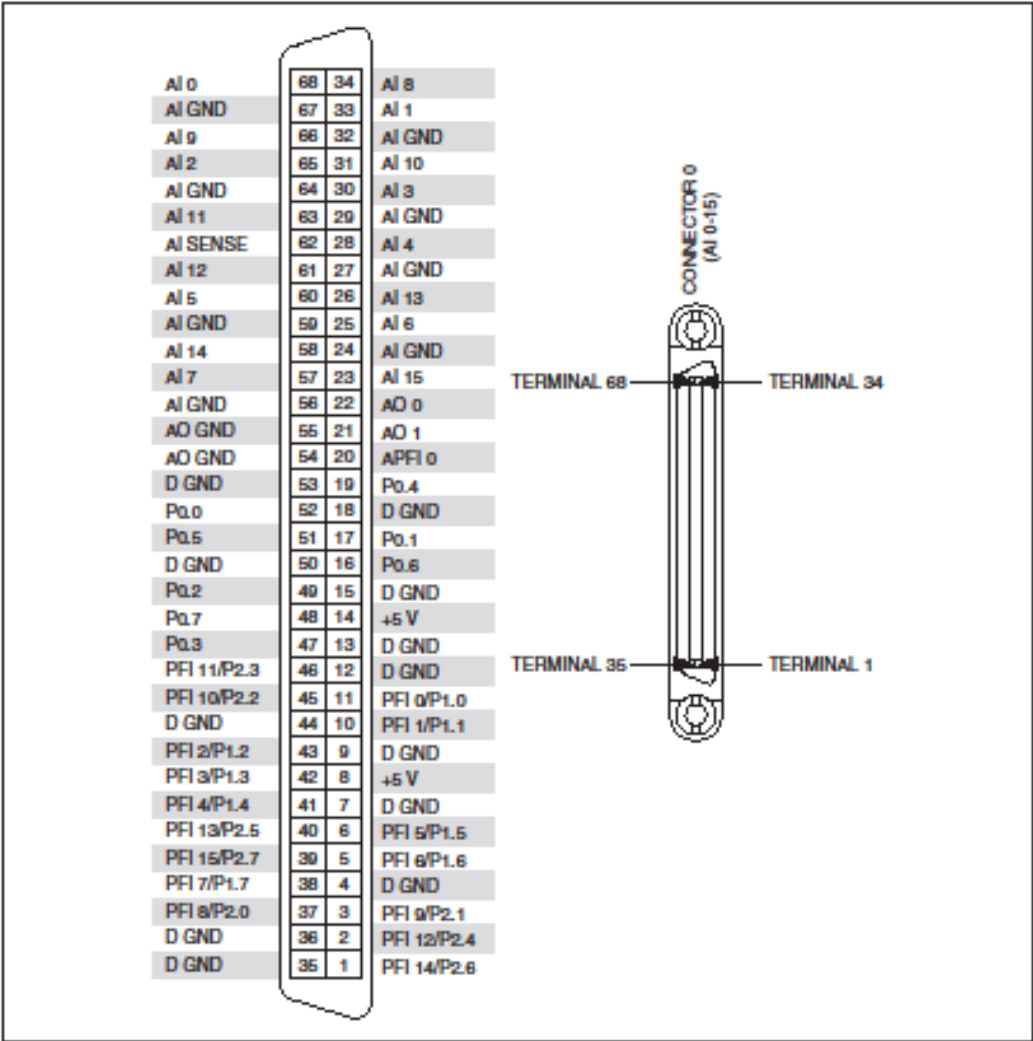


Figure 2. NI PCI/PXI-6261 Pinout

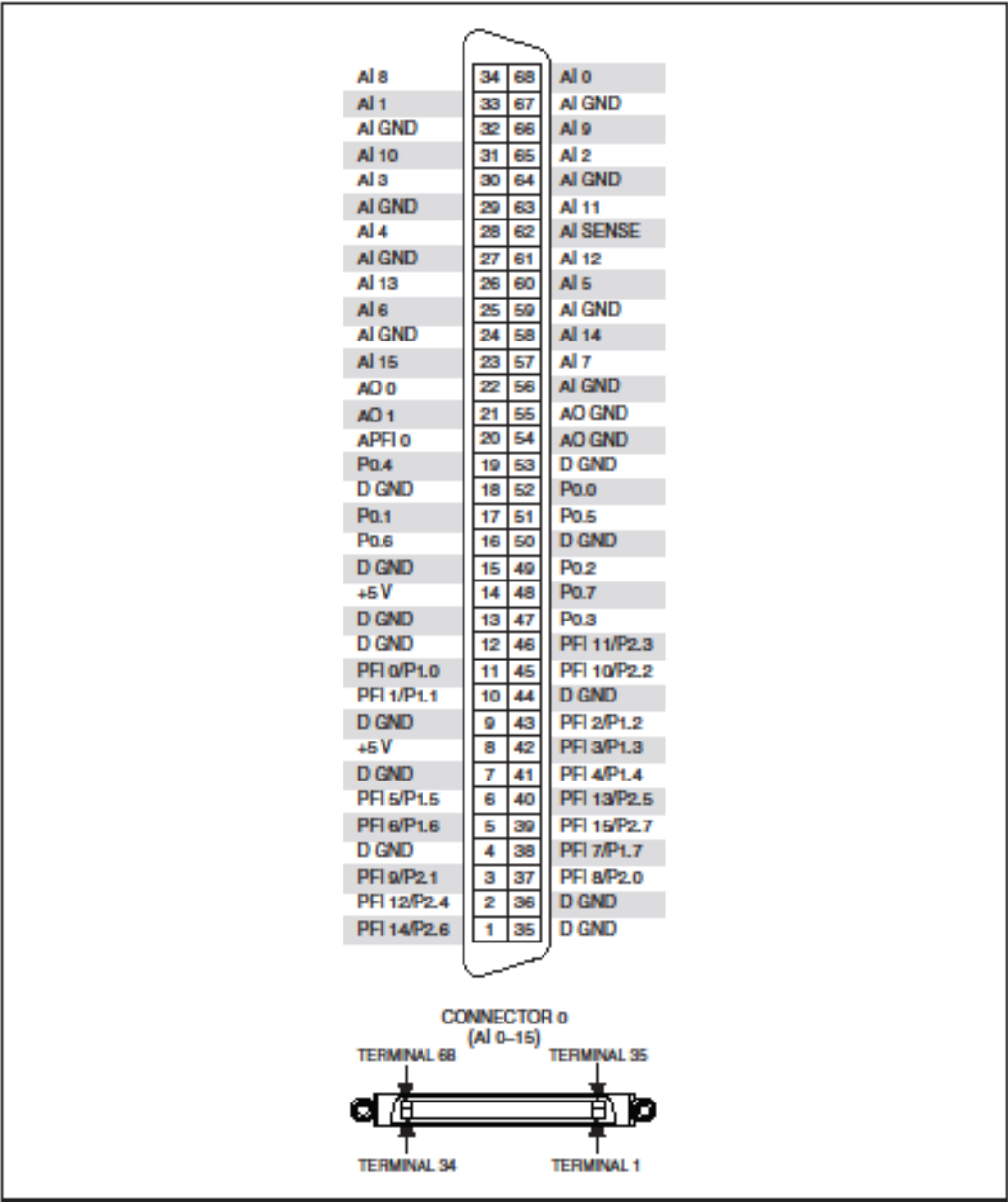


Figure 3. NI USB-6281 Mass Termination Pinout

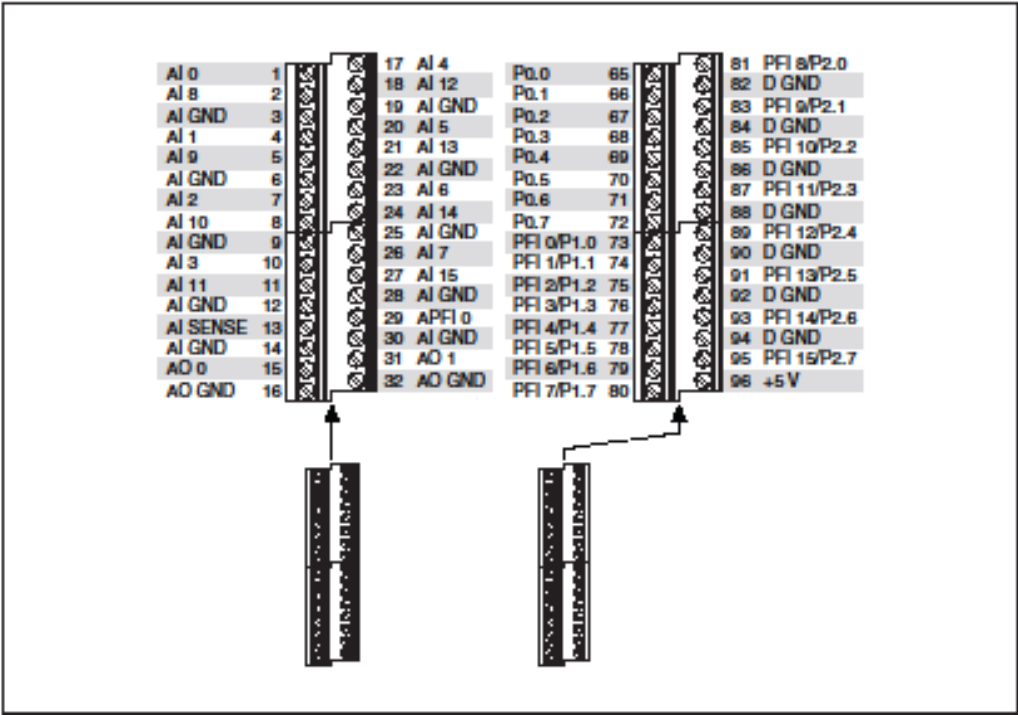


Figure 4. NI USB-6281 Screw Terminal Pinout

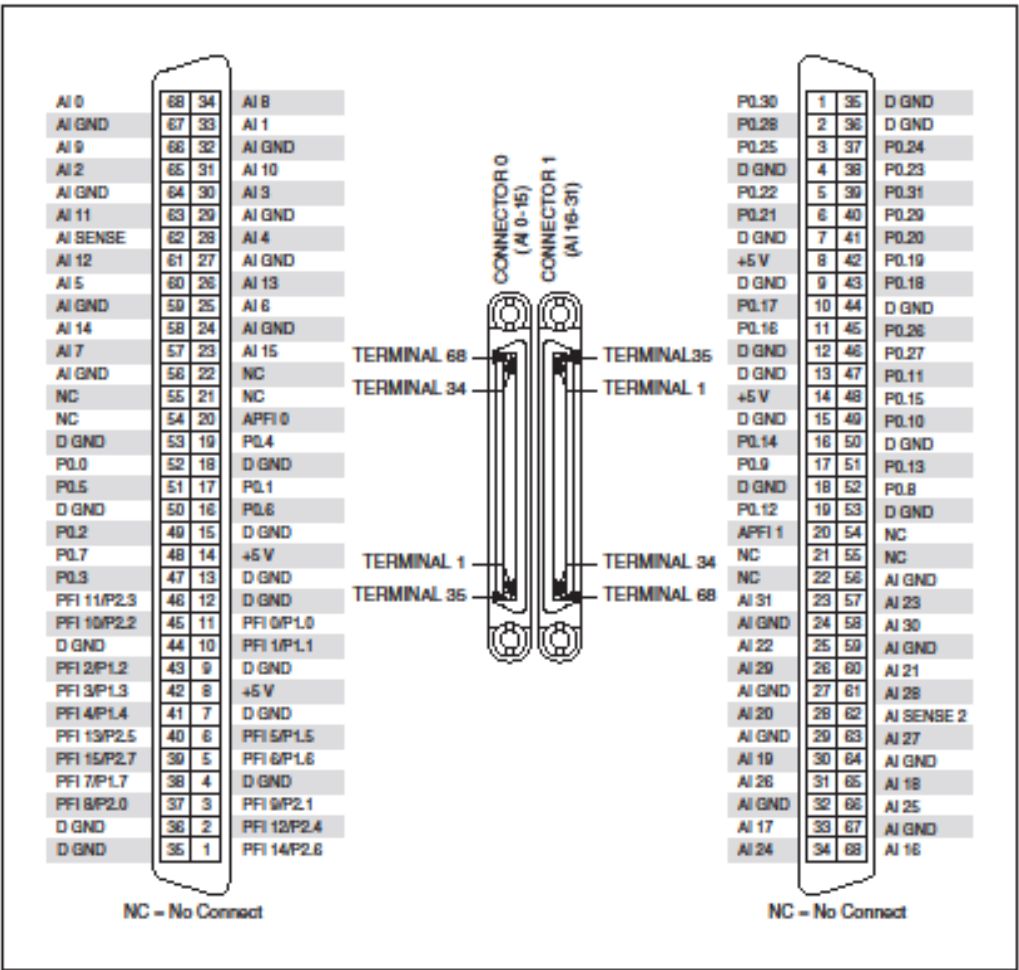


Figure 5. NI PCI/PXI-6284 Pinout

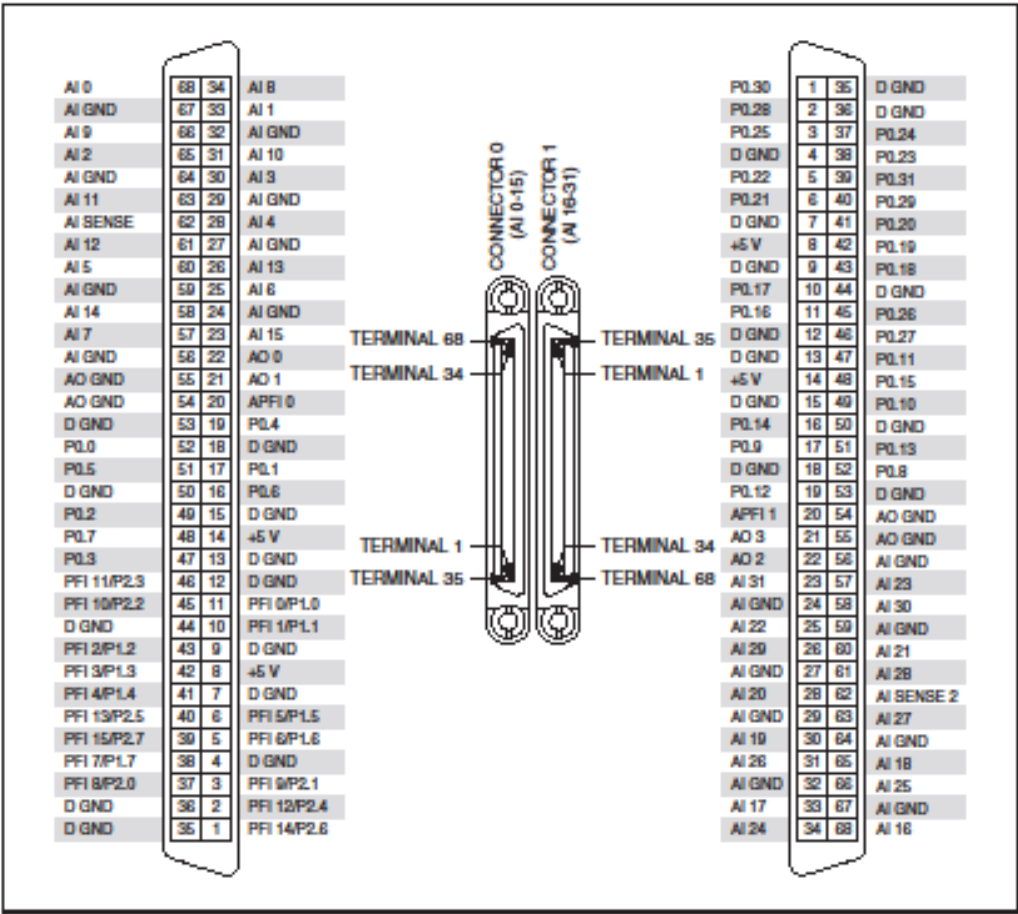


Figure 6. NI PCI/PXI-6289 Pinout

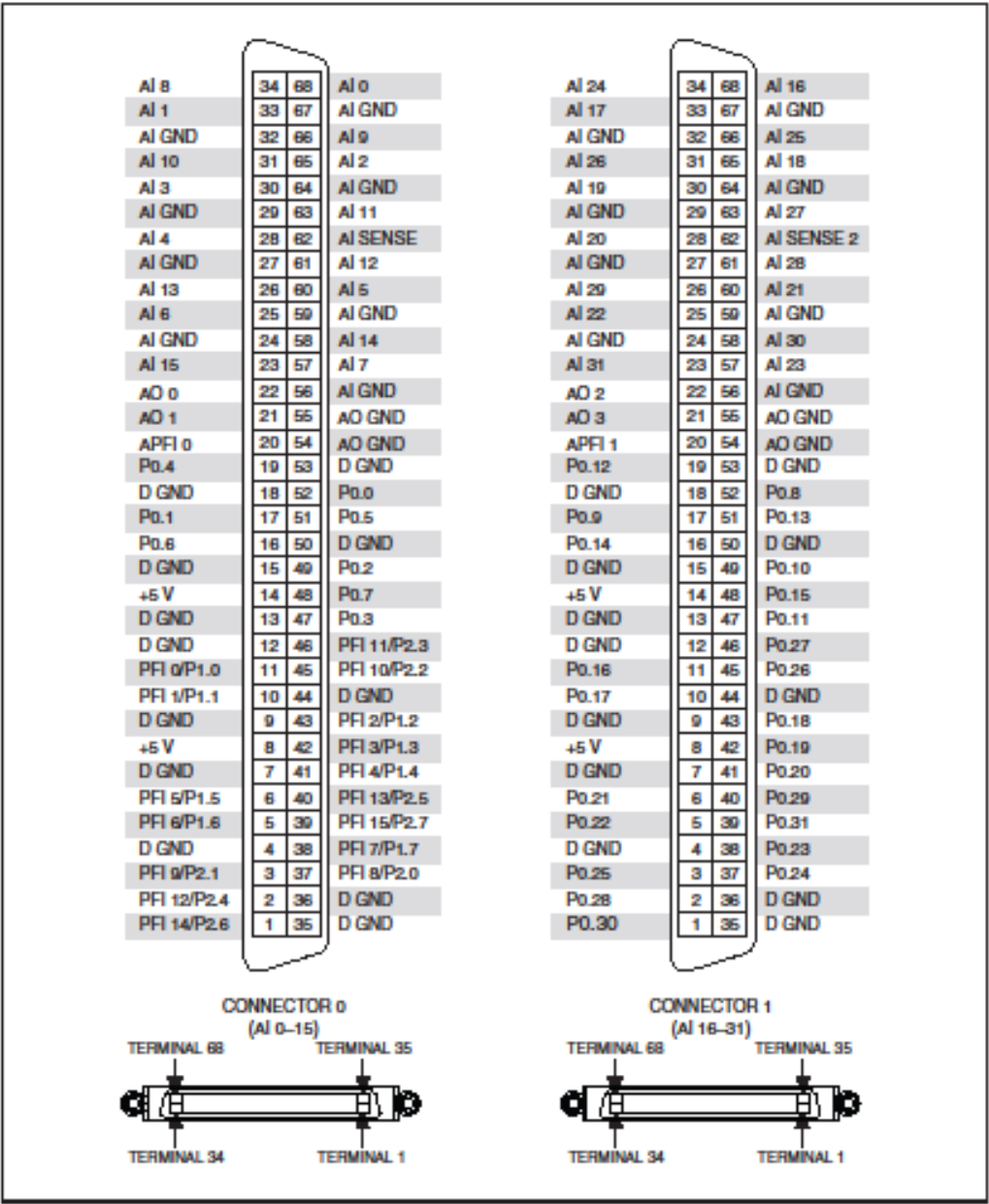


Figure 7. NI USB-6289 Mass Termination Pinout

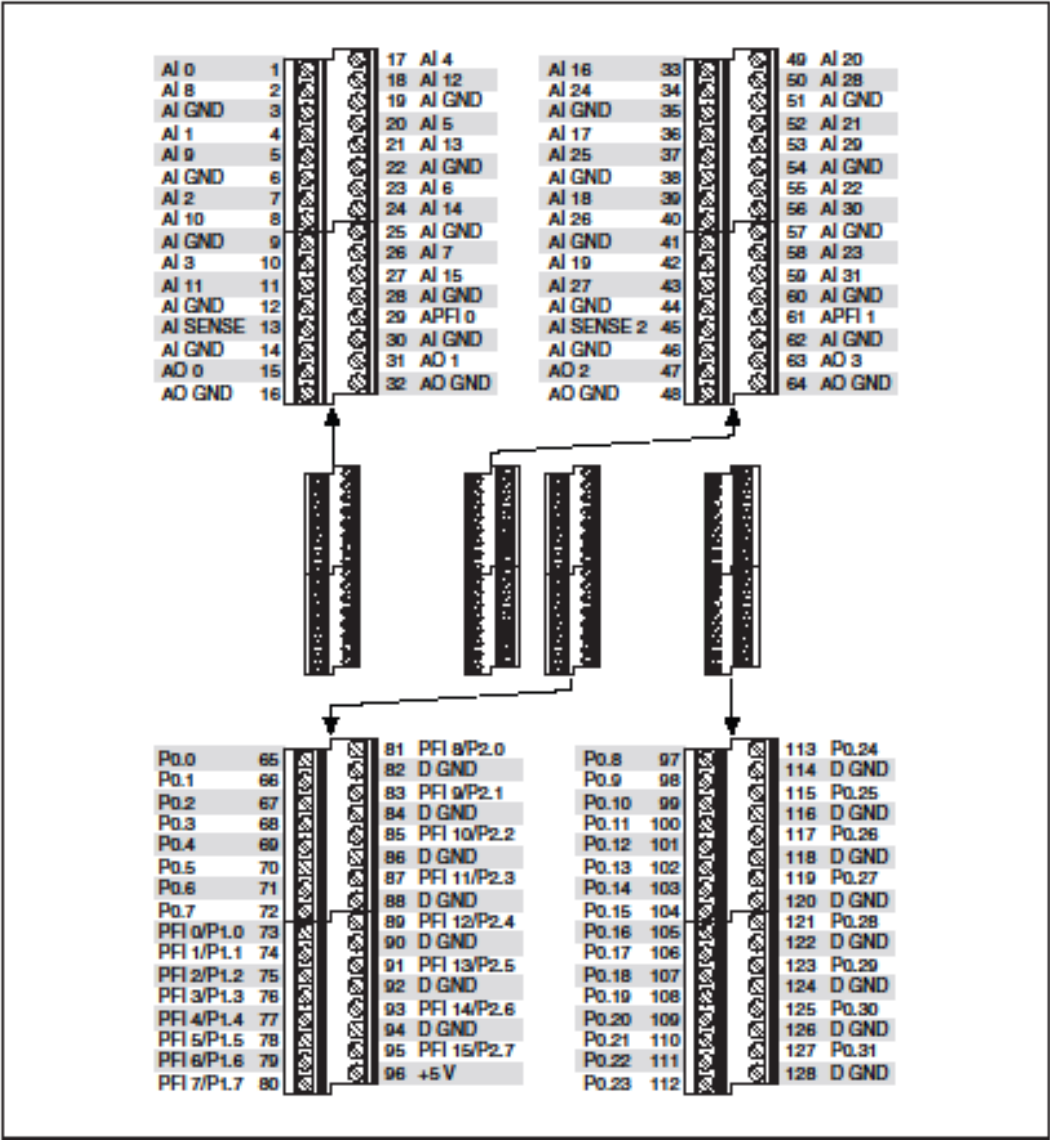


Figure 8. NI USB-6289 Screw Terminal Pinout

National Instruments, NI, ni.com, and LabVIEW are trademarks of National Instruments Corporation. Refer to the *Terms of Use* section on ni.com/legal for more information about National Instruments trademarks. Other product and company names mentioned herein are trademarks or trade names of their respective companies. For patents covering National Instruments products/technology, refer to the appropriate location: *Help»Patents* in your software, the *patents.txt* file on your media, or the *National Instruments Patent Notice* at ni.com/patents.

© 2004–2009 National Instruments Corporation. All rights reserved.

371292G-01

Jun09

ANEXO XIII. BOMBAS CENTRÍFUGAS

Las bombas necesarias tanto para el suministro de las materias primas al tanque principal de agitación desde los tanques de almacenamiento, así como la bomba de descarga son fabricadas y distribuida por la empresa “Inoxpa”.

Las características técnicas se detallan a continuación.

Bomba Centrífuga



Estampinox EFI

Aplicación

La bomba Estampinox EFI es una bomba centrífuga de acero inoxidable para trasegar agua y otros líquidos. Esta diseñada para cubrir todos los servicios auxiliares de la industria alimentaria, química, farmacéutica, enológica, etc.

Diseño y características

Estampinox EFI es una gama de bombas centrífugas mono-bloc. Está constituida principalmente por un cuerpo fabricado por estampación en frío de acero inoxidable, rodete abierto fabricado de chapa estampada en frío o microfundición (según modelo), cierre mecánico, tapa, interna y eje. La bomba centrífuga Estampinox EFI está equipada con un cierre mecánico simple interno.

Especificaciones técnicas

Materiales:		
Piezas en contacto con el producto	Acero inoxidable AISI 316L (1.4404)	
Otras piezas de acero	Acero inoxidable AISI 304 (1.4301)	
Juntas en contacto con el producto	EPDM	
Cierre mecánico:		
Parte giratoria	Cerámica	
Parte estacionaria	Grafito	
Juntas	EPDM	
Acabado superficial:	Electropulido	
Conexiones:	Conexión roscada (ISO 7)	
Límites de operación:		
Presión máxima de trabajo	6 bar	87 PSI
Rango de temperaturas	-10°C a +180 °C	
Caudal máximo	65 m³/h	200 US GPM
Altura diferencial máxima	42 m	138 ft
Velocidad máxima	3500 rpm	

Motor

Motor trifásico de inducción forma B34 (B35 para tamaño 132), según el estándar IEC, 2 polos = 3000/3600 rpm, clase de eficiencia IE-2, con protección IP 55 y aislamiento clase F.

3 fases, 50 Hz, 220-240 V Δ / 380-420 V Y, ≈ 4 kW
3 fases, 50 Hz 380-420 V Δ / 660-690 V Y, ≈ 5,5 kW

Bomba centrífuga Estampinox EFI con recubrimiento







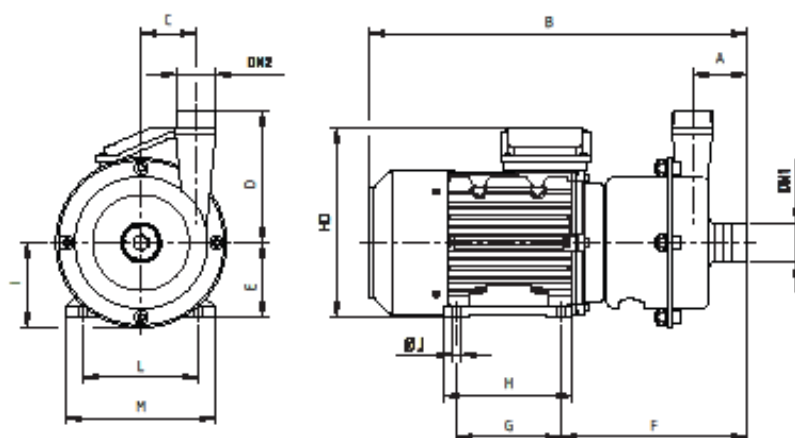
Bomba Centrífuga

Estampinox EFI

Opciones

Recubrimiento del motor AISI 304.
Cierre y juntas en otros materiales.
Motor con otras tensiones, frecuencias o protecciones.
Carretilla y/o cuadro eléctrico.
Distintos tipos de conexiones.

Dimensiones



Tipo bomba	Motor	kW	RPM	DN1	DN2	A	B	C	D	E	F	G	H	HD	I	ØJ	L	M	kg
EFI 0	71	0,25	1450	R 1	R 3/4	60	370	36	100	71	193	90	110	190	73	7	112	137	7
	71	0,37	2900				370			71	193	90	110	190	73	7	112	137	8
EFI 1	80	0,55	1450	R 1 1/2	R 1	64	405	48	110	80	204	100	125	220	86	9	125	160	12
	80	0,75	2900				395			80	204	100	125	220	86	9	125	160	13
EFI 2	90S	1,1	1450	R 1 1/2	R 1 1/2	67	450	66	160	90	227	100	130	240	103	10	140	175	19
	90L	2,2	2900				475			90	227	125	155	240	103	10	140	175	21
EFI 3	100	2,2	1450	R 2	R 2	70	520	92	192	100	251	140	180	265	128	12	160	200	32
	112	4					535			112	258	140	180	295	128	12	190	230	37
	112	5,5	2900				535			112	258	140	180	295	128	12	190	230	41
	132S	7,5					600			132	300	140	180	335	150	12	216	255	67



Información orientativa. Reservándonos el derecho de modificar cualquier material o característica sin previo aviso.
Fotos no contractuales. Para más información consulte nuestra página web. www.inoxpa.com

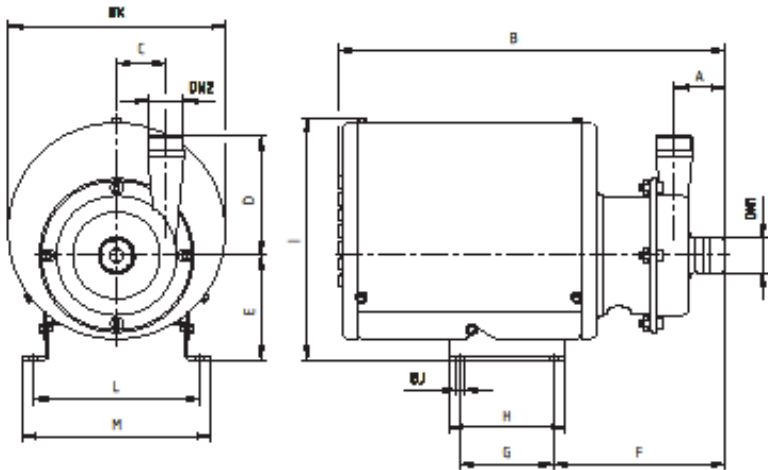


FF Estampinox EFI 3.25-0314

Bomba Centrífuga

Estampinox EFI

I Dimensiones



Tipo bomba	Motor	kW	RPM	DN1	DN2	A	B	C	D	E	F	G	H	I	ØJ	ØK	L	M	kg
EF10	71	0,25	1450	R 1	R 3/4	60	430	36	100	115	195	90	110	260	7	230	182	202	11
	71	0,37	2900				430			115	195	90	110	260	7	230	182	202	11
EF11	80	0,55	1450	R 1 1/2	R 1	64	500	48	110	130	206	125	155	314	11	290	222	252	17
	80	0,75	2900				500			130	206	125	155	314	11	290	222	252	18
EF12	90S	1,1	1450	R 1 1/2	R 1 1/2	67	517	66	160	140	229	125	155	334	11	290	222	252	24
	90L	2,2	2900				517			140	229	125	155	334	11	290	222	252	26
EF13	100	2,2	1450	R 2	R 2	70	600	92	192	160	253	140	170	375	13	350	278	308	39
	112	4					600			172	260	140	170	388	13	350	278	308	44
	112	5,5	2900				600			172	260	140	170	388	13	350	278	308	48
	132S	7,5					730			192	302	178	214	425	13	400	317	347	78



Información orientativa. Reservándonos el derecho de modificar cualquier material o característica sin previo aviso.
Fotos no contractuales. Para más información consulte nuestra página web. www.inoxpa.com



FT Estampinox EFI 3.25-0314

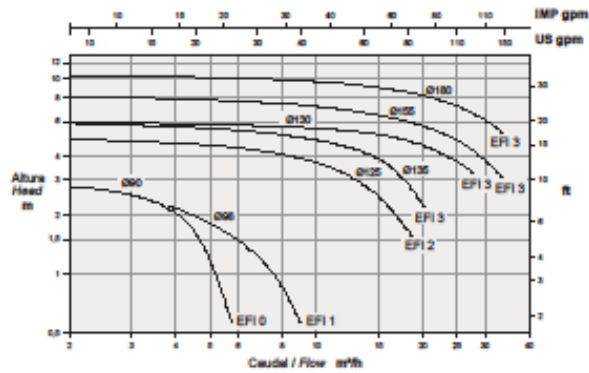
Bomba Centrífuga

Estampinox EFI

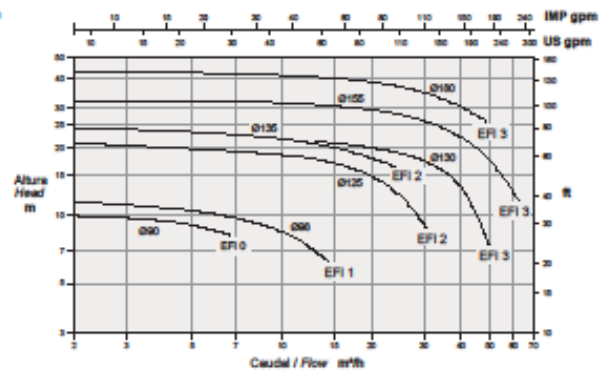
Área de selección

50 Hz

1450 rpm

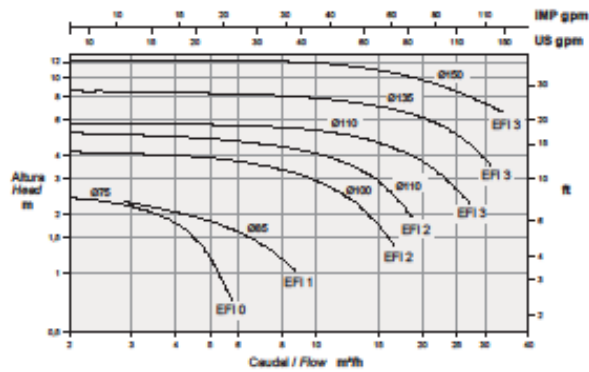


2900 rpm

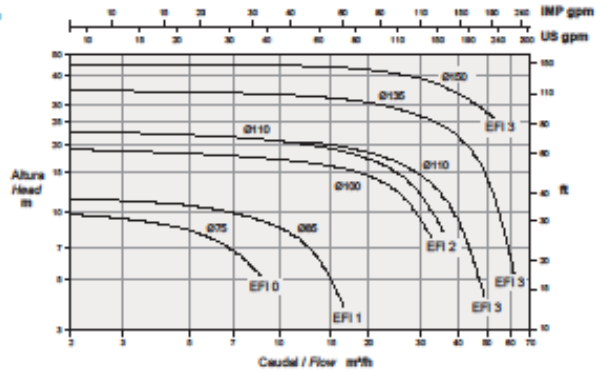


60 Hz

1750 rpm



3500 rpm



Información orientativa. Reservados el derecho de modificar cualquier material o característica sin previo aviso.
Folios no contractuales. Para más información consulte nuestra página web. www.inoxpa.com



FT: Estampinox EFI 3.25-0314

ANEXO XIV. VÁLVULA MARIPOSA

La válvula utilizada en la instalación es de tipo mariposa. Estas son suministradas por la empresa “Saidi”.

Las características vienen recogidas a continuación.

Tipo Wafer. Serie 100



Características:

Diámetros nominales de 50 mm (2") a 2000 mm (80")

De DN 50-300, **diseño multibrida**, que permite el montaje indistintamente entre bridas DIN PN-6/10/16, ANSI 125/150LBS y BS 10-D/E. Para DN350 a 2000, montaje entre bridas según DIN PN-10, PN-16, ANSI 125/150LBS y MSS SP-44 (otras normas, consultar)

Presión estándar de trabajo: 16 bar (DN50-300) y 10 bar (DN350-2000); para presiones superiores consulten a nuestro Dpto. Técnico.

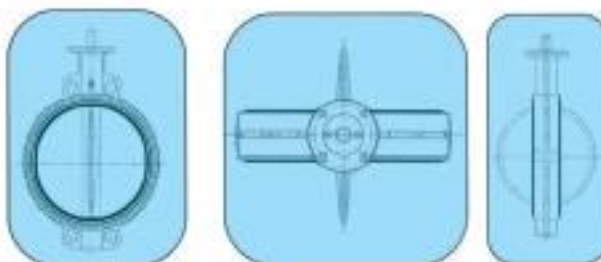
Límites de Temperatura: -40°C a +180°C (según elastómeros y recubrimientos).

Hasta DN500 incorpora 4 orejetas de centrado que permiten un correcto alineamiento y una rápida instalación.

Por ser un modelo realizado para ser montado entre bridas, las tensiones mecánicas de la tubería se transmiten a la válvula únicamente por compresión sobre el cuerpo y, por lo tanto, carece de tensiones mecánicas de tracción.

A partir de DN800, además, incorpora 4 taladros roscados por cada cara del cuerpo, según la norma de taladrado requerida. Ha de tenerse en cuenta este dato,

debido a las tensiones mecánicas de tracción.



Válvulas de Mariposa

Fig.117-P-E		Tipo : Wafer
Valvula tipo Wafer		
Especificaciones		
Tipo	:	Wafer
Materiales	:	Cuerpo: Fundición Nodular A386 ⁽¹⁾ Disco: Fundición Nodular A386 ⁽¹⁾ Elastómero: EPDM
Diseño	:	Wafer
Accionamiento	:	Palanca
Rating	:	PN-10

* (1) Recubierta de Fibra de Duro a 300, Epoxi a partir de D1350

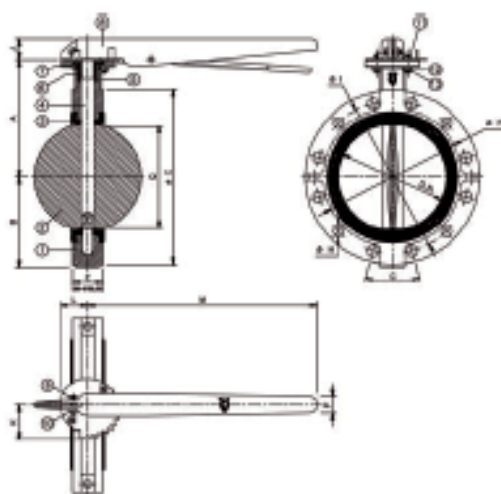


Fig.117-P-E

Código	DN	Pulg.	A	B	Ø C	D	O	E	Peso (kg)	Precio venta
211/00080	50 mm	2"	140	83	102	12	26	43	3,3	
211/00090	65 mm	2 1/2"	152	93	122	12	26	46	4	
211/00100	80 mm	3"	159	98	139	12	26	46	4,3	
211/00141	100 mm	4"	178	111	159	14	30	52	5,7	
211/00120	125 mm	5"	191	127	189	14	30	56	7,4	
211/00440	150 mm	6"	203	143	214	15	33	56	8,9	
211/05770	200 mm	8"	245	172	269	15	33	60	13,5	
211/10951	250 mm	10"	275	204	331	17	47	68	22,8	
211/11395	300 mm	12"	315	242	380	17	47	78	31,7	
	350 mm	14"	307	291	442	22	55	78	43,2	
	400 mm	16"	342	325	493	24	65	102	65,2	
	450 mm	18"	387	357	544	27	65	113	84,5	
	500 mm	20"	425	381	601	27	65	126	119	
	600 mm	24"	532	488	695	40	110	146	281	
	700 mm	28"	573	506	798	40	110	175	414	
	750 mm	30"	622	555	872	40	110	176	508	
	800 mm	32"	650	578	908	40	110	215	572	



Teléfono : +34 913 581 212
Fax : +34 913 580 488
E-mail : grai@saidi.es
Web : www.saidi.es

Válvulas de Mariposa

Válvulas de Mariposa

Código	DN	Pulg.	A	B	Ø C	D	O	E	Peso (kg)	Precio venta
	900 mm	36"	707	643	1004	40	110	246	639	
	1000 mm	40"	755	729	1114	40	110	260	918	
	1050 mm ⁽²⁾	42"	781	755	1106	40	110	260	1034	
	1100 mm ⁽²⁾	44"	800	774	1220	40	110	260	1150	
	1200 mm	48"	900	855	1330	50	130	360	1760	

- ⁽²⁾ Válvulas de fabricación especial. Consultar disponibilidad

ANEXO XV. ELECTROVÁLULAS

Las electroválvulas utilizadas para la automatización y carga de las materias primas al tanque principal de agitación son fabricadas y distribuidas por la empresa “Automatic Control Valves”.

La ficha técnica de esta viene recogidas a continuación.

NEW
for Ad Blue

Serie 230

EExm II T4

230/20/SS 34T.

230/25/SS 1T.

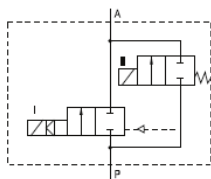
Solenoid valve 2/2 way NC.

single and double stage, G 3/4", G1" in AISI 304-L

Electroválvula 2/2 vías NC.

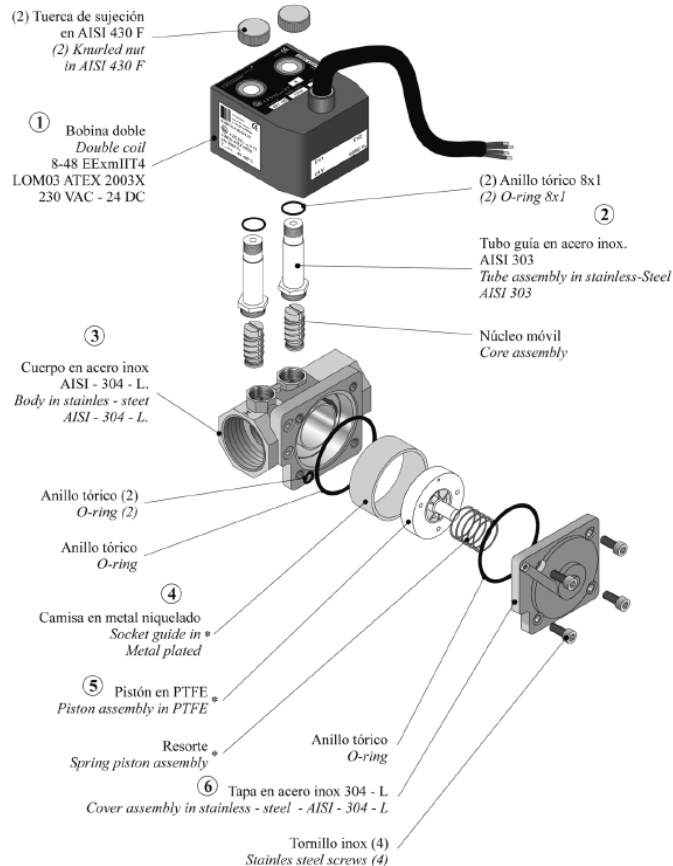
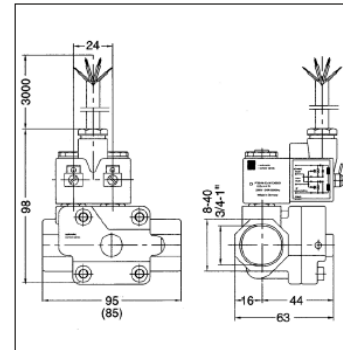
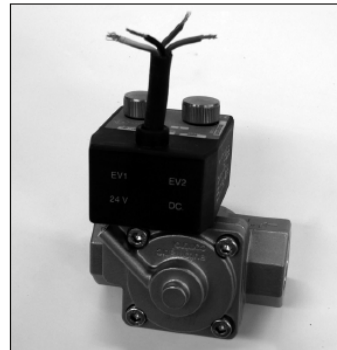
una y dos etapas, G 3/4", G1" en AISI 304-L

- Valve normally closed, NC
- Valve is quite compact,
- Body and cover in stainless steel (304-L)
- Change possibility of inner parts, without taking the coils off.
- Válvula normalmente cerrada, NC
- Ejecución compacta, reducidas dimensiones
- Cuerpo y tapa en acero inoxidable (304-L)
- Posibilidad de cambio de las partes internas sin manipulación de la parte eléctrica.



Technical Specification

Costruccion:	seal valve with piston sealing, and by-pass valve
Orifice size:	20 mm., 25 mm.
Seal:	Piston + Socket guide in POM + TF FKM - GF joint, E-85, Ad Blue and biodiesel carburants.
Fluids:	
Fluids Temp.:	+ 80°C
Viscosity:	26°E, 200 cst.
Funtion:	normally closed
Ambient Temp.:	- 40°C + 50°C
Differential Pressure:	min 0,4 bar max 4 bar
Valve housing:	Stainless steel (304-L)
Metallic inner parts:	Stainless steel
Seal:	FKM (Viton GF)
Tension:	230v AC, 24v DC
Tolerance:	-10 + 10 % VDE 0580
Protection:	EExm II T4
Electric connection:	one cable, 4 wire length, 2m.
Consumption:	4,3 VA
Duty Code:	100 % ED
Weight:	1.150 gr. G3/4" 1.350 gr. G1"
Costrucción:	válvula servocomandada de pistón, con orificio by-pass.
Diámetro:	20 mm., 25 mm.
Junta:	Pistón + camisa en POM + TF
Fluido:	Junta en FKM (VITON GF), Etanol E85, Ad Blue y Biocarburantes.
Temp. del Fluido:	+ 80°C
Temp. Ambiente:	- 40°C + 50°C
Viscosidad:	26°E, 200 Cst.
Función:	N. Cerrada, sin tensión.
Presión Diferencial:	min 0,4 bar max 4 bar
Cuerpo válvula:	Acero inoxidable (304-L)
Interiores:	Acero inoxidable.
Tensión:	230v AC, 24v DC
Tolerancia:	-10 + 10 % VDE 0580
Protección:	EExm II T4
Conexión eléctrica:	Certificado: LOM 03 ATEX 2003X Seguridad aumentada, Cable de 4 hilos, L=2m, otras longitudes bajo demanda.
Consumo:	4,3 VA
Coefficiente utiliza.:	100 % ED
Peso:	1.150 gr. G3/4" 1.350 gr. G 1"



* Parts included in spare part kit



**automatic
control valves, s.l.**

Polygono Ibañondo, Local NR1
R.O. BOX 217
E-20120 Hernani
Tel.: +34 943 550 814 - 550 715
Fax: +34 943 552 620
E-mail: automaticvalves@automatic-valves.com
http://www.automatic-valves.com

Data sheet 1911504

**Solenoid valve 2/2 way NC.
single and double stage, G 3/4", G1" in AISI 304-L**

**Electroválvula 2/2 vías NC.
una y dos etapas, G 3/4", G1" en AISI 304-L**

DN mm,	Conexión R"	Pressure in bar min.-max,	Seal	Kv Main valve m³/h	Kv By-pass m³/h	Art. Nr.* Double stage	Art. Nr.* Single stage
20	R3/4"	0,4-4	Vitón	8	0,22	1222980	1222981
25	R1"	0,4-4	Vitón	13	0,22	1222990	1222991

* Art. Nr. are without coils- Art. Nr. sin bobinas

Please, attache the tension on the order. NR.

- Rogamos añadan la tensión en el pedido.

Supply voltage

- Tensión standar

AC

DC

24,110,230/50/60

12,24

Spare parts

- Lista de recambios

Description

Art. Nr.

Armature 2/2 S.8

SB606SS

Piston + Liner P.T.F.E. G3/4"

2884600

Piston + Liner P.T.F.E. G1"

2884620

Single coil EExm II T3, 2m. lenght.

614000

Double coil EExm II T4, 2m. lenght.

1314000

.....

LOM 02 ATEX 2032X

.....

LOM 03 ATEX 2003X

automatic control valves, s.l.

Flow Diagram

EV REF. 230/20/SS34T Art. 1222980

Δ p (bar)

Valve Differential Pressure in

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0.9

0.8

0.7

0.6

0.5

0.4

0.3

0.2

0

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

200

300

400

500

600

700

800

900

1000

— Main Valve (single stage).

— By-Pass Valve

PROYECTO FIN DE CARRERA. MIGUEL RETE PINO

312

ANEXO XVI. ORDENADOR PORTATIL PARA EL CONTROL MEDIANTE LABVIEW Y TRATAMIENTO DE DATOS

Para el control de la automatización del proceso es necesario un ordenador. Se elige el ordenador portátil Toshiba Satellite P850 M-31. Este es fabricado y distribuido por la empresa "Toshiba".

Las especificaciones se recogen a continuación.



> Satellite P850-31M

CÓDIGO	PSPKFE-01E50VCE
PROCESADOR	Procesador Intel® Core™ i7 3630QM (2.4 / 3.4 GHz Turbo, 1.600MHz FSB, 6 MB L3) de cuadruple núcleo y chipset Intel Mobile Serie 7 Express
MEMORIA	8 GB RAM (4+4 GB) DDR3 1600 MHz. Ampliable hasta 16GB*
PANTALLA	Pantalla panorámica (16:9) Toshiba TruBrite TFT con tecnología LED de 15,6" HD (36,6 cm), 1.366 x 768, 220 Nits.
DISCO DURO	1 TB Serial ATA con sistema de protección de disco (senzor de movimiento 3D que apaga los cabezales en caso de caídas)
GRÁFICOS	NVIDIA® GeForce® GT 630M con tecnología turbocharge hasta 4.095 MB (2GB dedicados DDR3 + 2GB compartidos) con tecnología NVIDIA Optimus para optimizar la duración de la batería.
CD / DVD / FDD	DVD-SuperMulti Doble Capa (DVD±R/RW/RAM/R/R) SATA
TECLADO	Teclado plano estilo mosaico anti-huellas y teclado numérico independiente
RATÓN	Click Pad Integrado con control multitáctil
COMUNICACIONES	Fast Ethernet 10/100Mb/s, Wireless LAN 802.11 b/g/n, conexión inalámbrica de video Intel WIDI v.3.5, Bluetooth 4.0
SONIDO	Sistema de sonido HD 24 bits, SRS Premium Sound 3D y sistema de altavoces 2x Harman/Kardon® estéreo integrado. Tecnología Sleep Stream (optimización de sonido) y Sleep & Music (a través de la entrada de audio)
PUERTOS	Webcam HD con micrófono integrado, 4x USB 3.0 y 2 de ellos con tecnología Sleep'n Charge, ranura multifunción (SD, Mini SD & Micro SD (con adaptador), SC-HC (max. 32GB), SONY (max. 64GB), MMC, auriculares (estéreo), salida audio (micrófono), salida HDMI, RJ-45, salida monitor RGB (VGA).
EXPANSIÓN	2 x Ranuras para memoria (ocupadas de serie).
ALIMENTACIÓN	Adaptador autoconversor CA (100-240 V) para uso internacional 50-60 Hz 19 V 80 W. Batería de Litio Ión de 6 celdas de 4400 mAh con hasta 5.10h de autonomía (Mobile Mark 2007)
SOFTWARE	Microsoft® Windows® 8 64 bits, Skype (mensajería instantánea y videollamadas), McAfee Internet Security™ (incluye actualizaciones gratuitas 30 días), Microsoft® Office Trial (versión de prueba), Nero 11 Essentials, Toshiba PC Health Monitor, SRS Premium Sound, Toshiba Resolution+ para WMP, Toshiba Video Player, eco Utility, Toshiba Recovery Media Creator, Toshiba Service Station, Adobe Flash Player.
OTRAS CARACTERÍSTICAS	Conversión de 2D a 3D para TV 3D externa por HDMI, batería principal asegurada con cierre de seguridad, Contraseña de sistema, Interruptor de LAN inalámbrica, Contraseña de usuario, Ranura para cable de seguridad Kensington, Contraseña de supervisor, Contraseña de BIOS, Memoria principal (con tornillos), Disco duro principal (con tornillos), Adaptador CA, Acabado aluminio Gris (salvo la base)
MEDIO AMBIENTE	Toshiba a nivel corporación promueve una estrategia de gestión medio ambiental que cubre todos los productos y procesos empresariales en todas las fases de producción y ciclo de vida del producto, a través del reciclaje de los productos al final de su vida útil. Cumpliendo la Directiva RoHS, WEEE y Energy Star 5.0 entre otras.
TAMAÑO Y PESO	An x F x P: 385 x 252,5 x 27,85 (frente) / 31,4 mm (posterior), desde 2,5 Kg.
GARANTÍA	2 años de garantía.
SERVICIOS RECOMENDADOS	Extensión de garantía a 3 años (EPR1031-P), Extensión de garantía a 4 años (EPR1041-P), Recuperación de datos durante 3 años (ORS1035-P), Serv.Reparación en casa del cliente durante 2 años (ONS1025-P), Serv.Reparación en casa del cliente durante 3 años (ONS1035-P), Serv.Reparación en casa del cliente durante 4 años (ONS10425-P)
EAN	405152014701

*+ Consultar las alt. de configuración en el sitio web, *+ Más alt. de configuración en el sitio web de Toshiba.

OPCIONES RECOMENDADAS

ANEXO DE ESPECIFICACIONES DE MATERIAS PRIMAS

ANEXO I. COLOPHONIUM



Resinas - Productos Químicos

INDUSTRIAL RESINERA VALCAN S.A.

COLOFONIA

FICHA TÉCNICA

CAS N°: 8050-09-07
EINECS N°: 232-475-7

DESCRIPCIÓN

La Colofonia es un producto natural derivado de la destilación de la goma cruda (resina), extraída de varias especies de plantas pináceas , presenta un aspecto sólido duro y quebradizo, brillante y translucido, de color ámbar.

Está compuesta por porcentajes de ácidos abiéticos, neoabiéticos, pimáricos, levopimáricos, isopimáricos, etc. Y de fórmula general $C_{20}H_{30}O_2$.

SEGURIDAD

Producto irritante, poco toxico. Desprende gases inflamables al calentar y en polvo puede encenderse espontáneamente en el aire.

USOS

Son variados , destacando el uso en adhesivos, encolante para papel, tintas, barnices, resinas sintéticas, resinas desproporcionadas, hidrogenadas y oxidadas, textiles, industria del caucho, farmacia , cosmética, etc..

ESPECIFICACIONES

Indice de Acidez (mg KOH/g)	155 - 170
Punto de fusion (B&R °C)	68 - 80
Color Gardner (50 % en tolueno)	4 - 6
Ceniza	0.04 máx.
Impurezas	0.05 máx.
Insaponificables	7'5 máx.

SOLUBILIDAD

Soluble en etanol, xilol, n-heptano y cetona.

EMBALAJE

Bidones de 250 kgs neto
Sacos 25 / 50 kg. bloque
Sacos de 25 kgs neto. (troceado).

CONDICIONES DE EMBALAJE

Mantener los envases bien cerrados y en ambientes frescos y secos.

INFORMACIÓN DE SEGURIDAD

Consultar Hoja de Seguridad del Producto (MSDS)

ANEXO II. GLYCERYL GUM ROSINATE



28001 MADRID

la unión resinera española, s. a. Ph.: (+34) 91 532 33 08
Plaza de la Independencia, 8 Fax: (+34) 91 531 34 15

Resiester[®] Gum A 35

TECHNICAL DATA SHEET

DESCRIPTION

RESIESTER GUM A 35 is a glycerol ester of highly stabilized gum rosin, deodorized.

SPECIFICATIONS

Softening Point, Ring and Ball, °C	80-90
Acid number	14 Maximum Gardner
Colour	5 Maximum

TYPICAL PROPERTIES

Softening Point, Ring & Ball, °C	86
Acid Number	10
Colour, Gardner	3+
Colour, USDA	XC
Unsaponifiables, %	10
Viscosity, Brookfield, cps, at 150°C	320
170°C	105
200°C	30
Specific Gravity, Kg/dm ³ , 25°C	1,080
Flash Point, °C	260

SOLUBILITY

RESIESTER GUM A 35 is soluble in aliphatic, aromatic and chlorinated hydrocarbons, ketones, esters and higher alcohols. Insoluble in water.

COMPATIBILITY

RESIESTER GUM A 35 is compatible with SBR, natural rubber, butyl rubber, chlorinated rubber, neoprene, ethylene-vinyl acetate copolymers, ethylene-ethyl acrylate copolymers, acrylic polymers, SBS and SIS block copolymers, polyethylene, polypropylene, phthalate and polyester plasticizers, paraffins and waxes, cellulose, ethylcellulose, shellac, alkyds and hydrocarbon resins.

The information provided herein is believed to be accurate. However, since application in the users plant is under conditions beyond our control, suggestions and recommendations are made without warranty or guarantee of any kind. Users are advised to make their own tests to determine the safety and suitability of each such product or product combination for their own purposes. We sell the products without any warranty, except that the products shall be of LURESAs standard quality and shall conform to LURESAs description thereof. Buyers and users assume all responsibility and liability for loss or damage arising from the handling and use of our products whether used alone or in combination with other products.

TYPICAL USES

The oxidation resistance and light colour of RESIESTER GUM A 35 makes it an excellent tackifier in hot melt applications such as hygiene, book binding and special packaging. Its high compatibility and ageing stability finds use in pressure sensitive adhesives and contact cements.

RESIESTER GUM A 35 is also manufactured especially for use in processing and formulation with various natural and synthetic products to yield low odour such as adhesives, depilatory waxes, inks and protective coating compositions.

PACKAGING

RESIESTER GUM A 35 is available as solid in light-gauge metal drums of 250 Kg net wt and supplied on pallets of 4 drums (1.000Kg) each, or flaked and packed in multiwall paper bags of 25 Kg net wt, supplied on pallets of 45 bags (1.125 Kg) each.

STORAGE CONTROL

Flaked forms of low to medium softening point resins may fuse, block or lump during hotweather months, if stored near sources of heat and if stored for prolonged periods of time. Flaked forms of resins are prone to gradual oxidation and prolonged storage should be avoided due to the potential effect on performance. Accordingly, it is strongly recommended that the oldest material is used first.

REVISION: 4

APPLICATION DATE: 20/12/2005



ANEXO III. PARAFFINUM LIQUIDUM

sonneborn

REFINED PRODUCTS

Product Data Sheet

Blandol

White Mineral Oil

Product Description

White Mineral Oils are highly refined, odorless, tasteless and have excellent color stability. They are chemically and biological stable and do not support bacterial growth. Their inert nature makes them easy to work with as they lubricate sooth, soften and hold in moisture in formulations. These oils can be found in a variety of product lines such as antibiotics, baby oils, lotions, creams, shampoos, sunscreens and tissues.

Physical Properties

Properties	Unit	Method	Specification	Typical
Density at 20 °C	kg/m ³	ASTM D 1298	830-860	840
Kin. Viscosity at 40 °C	mm ² /s	ASTM D 445	13-18	16
Kin. Viscosity at 100 °C	mm ² /s	ASTM D 445	2-4	3.4
Dyn. Viscosity at 20 °C	mPa.s	ASTM D 445		32
Pourpoint	°C	ASTM D 97	Max. -6	-9
Flashpoint, COC	°C	ASTM D 92	Min. 175	180
Saybolt Colour			+30	+30
Odour & Taste			None	None
Carbonizable Substances		All Pharm.	Pass	Pass
U.V. Absorbance		All Pharm.	Pass	Pass
Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (Polynuclear Compounds)		USP/NF/EUP	Pass	Pass
Neutrality		USP/NF/EUP	Pass	Pass
Solid Paraffins		USP/NF/EUP	Pass	Pass

- **Purity**

This oil meets the purity requirements of all International Pharmacopoeias. Moreover it meets the requirements of the Food Industry in the various countries, such as the Food and Drug Administration (FDA § 172.878), Lebensmittelgesetz, etc.

Revision date: February 26, 2013

The information presented herein is based on the best data available and is believed to be correct. However, nothing stated in this bulletin is to be taken as a warranty, expressed or implied, regarding the accuracy of the information or the use of our product or products; nor shall anything contained herein be constructed to constitute a permission or recommendation to practice any invention covered by a patent owned by Sonneborn Refined Products B.V., any of its division, or by other, without a license from the owner of the patent

ANEXO IV. POLYETHYLENE

Honeywell Asensa™ SC 201, 210, 220, 221, 222, & 250

INCI Name: Polyethylene

CAS: 9002-88-4 EINECS: 200-815-3 (monomer)

Listed in the following registries:

TSCA (US), DSL (CAN), ENCS (Japan, Australia, China, Korea)

PRODUCT DESCRIPTION

Asensa™ SC grades of polyethylene are high quality materials with various average particle size, hardness and geometry thus allowing a wide choice for use in cleansing applications where the degree of exfoliation can be customized to suit the particular requirements of the application. For example one of the harder, larger sized materials may be perfect for a foot scrub, but a gentle facial cleanser will require one of the smaller, softer grades. These materials are also used to thicken and even gel oils for anhydrous systems such as lip products like sticks and glosses.

973-455-4425
www.honeywell.com/asensa

July 2007
© 2007 Honeywell
International

TYPICAL PROPERTIES

	Asensa™ SC 201	Asensa™ SC 210	Asensa™ SC 220	Asensa™ SC 221	Asensa™ SC 222	Asensa™ SC 250
Property						
Hardness @ 25° C (dmm)	4	7	0.5	0.7	0.5	2.0
Drop Point, Mettler (°C)	106	101	115	115	115	112
Density (g/cc)	0.92	0.91	0.93	0.93	0.93	0.92
Viscosity @ 150° C Brookfield (cps)	375	180	450	450	450	450
Acid Number (mg KOH/g)	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil
Average Particle Size (µm)	700	250	250	160	125	180-185
Physical Form	Powder	Powder	Powder	Powder	Powder	Powder

APPLICATIONS

As exfoliating agents in:

- Facial Scrubs
- Body Scrubs
- Foot Scrubs
- Bar Soap

HANDLING

The expiration date for these products is two years after shipment, provided the original packaging is intact. Please see product MSDS for any further handling instructions.

Honeywell Personal Care

101 Columbia Road
Morristown, NJ 07962

NOTICE: All statements, information, and data given herein are believed to be accurate and reliable, but are presented without guaranty, warranty, or responsibility of any kind,

express or implied. Statements or suggestions concerning our products are made without representation or warranty that any such use is free of patent infringement, and are not

Technical support: measures are indicated, or that other measures may not be required. recommendations to infringe any patent. The user should not assume that all safety

Honeywell

BIBLIOGRAFÍA

Fuentes principales:

1. O. Levenspiel. *"Flujo de Fluidos e Intercambio de Calor"*, Editorial Reverté S.A., 1993.
2. Pauline M. Doran, *"Principio de Ingeniería de los bioprocesos"*, Acribial Editorial 1998.
3. Nicolas P. Chohey. *"Handbook of Chemical Engineering Calculations"*, Ed. McGraw Hill, 2004.
4. Douglas C. Montgomery. *"Diseño y Análisis de Experimentos"*, 2ª Edición, Ed. Limusa Wiley, 2004.
5. George Box, Stuart Hunter and William Hunter. *"Statistics Experimenters Innovation Discovery"*, 2ª Edición, Ed. Hardcover.
6. Robert H. Perry, Don W. Green, James O. Maloney, Perry. *"Manual del Ingeniero Químico"*, 6ª Edición, Ed. McGraw. Hill, 2001.
7. Rüdiger_Brummer, *"Rheology Essentials of Cosmetic"*.
8. F. Carrasco. *"Diccionario de Ingredientes Cosméticos"*, 4ª Edición, 2009.
9. Artículos de Reología:
10. Documentación y formación con proveedor de reómetro *Malvern*.
11. Artículos de Reología de Tim's Top-tips:
 - *Rheology for de Chemical and General Manufacturing Industries*.
 - *Rheology Solutions for the Polymer Industries*.
12. Understanding Rheology of Thermoplastic Polymers (TA Instruments).

Normativas:

"Reglamento marco del Parlamento Europeo sobre productos cosméticos (CE) N° 1223/2009 y modificaciones".

"UNE-EN ISO 22716:2007 sobre buenas prácticas de fabricación de productos cosméticos".

Otras fuentes:

<http://www.inoxpa.com>

<http://www.mgt.co.il>

<http://www.siehechina.com/en>

<http://www.electricfor.es>

<http://www.utilcell.es>

<http://spain.ni.com>

<http://www.anton-paar.com>

<http://www.toshiba.com/tai>

<http://www.saidi.es>

<http://www.ratsa.com>

<http://www.jano.es/farma>

<http://www.losadhesivos.com>

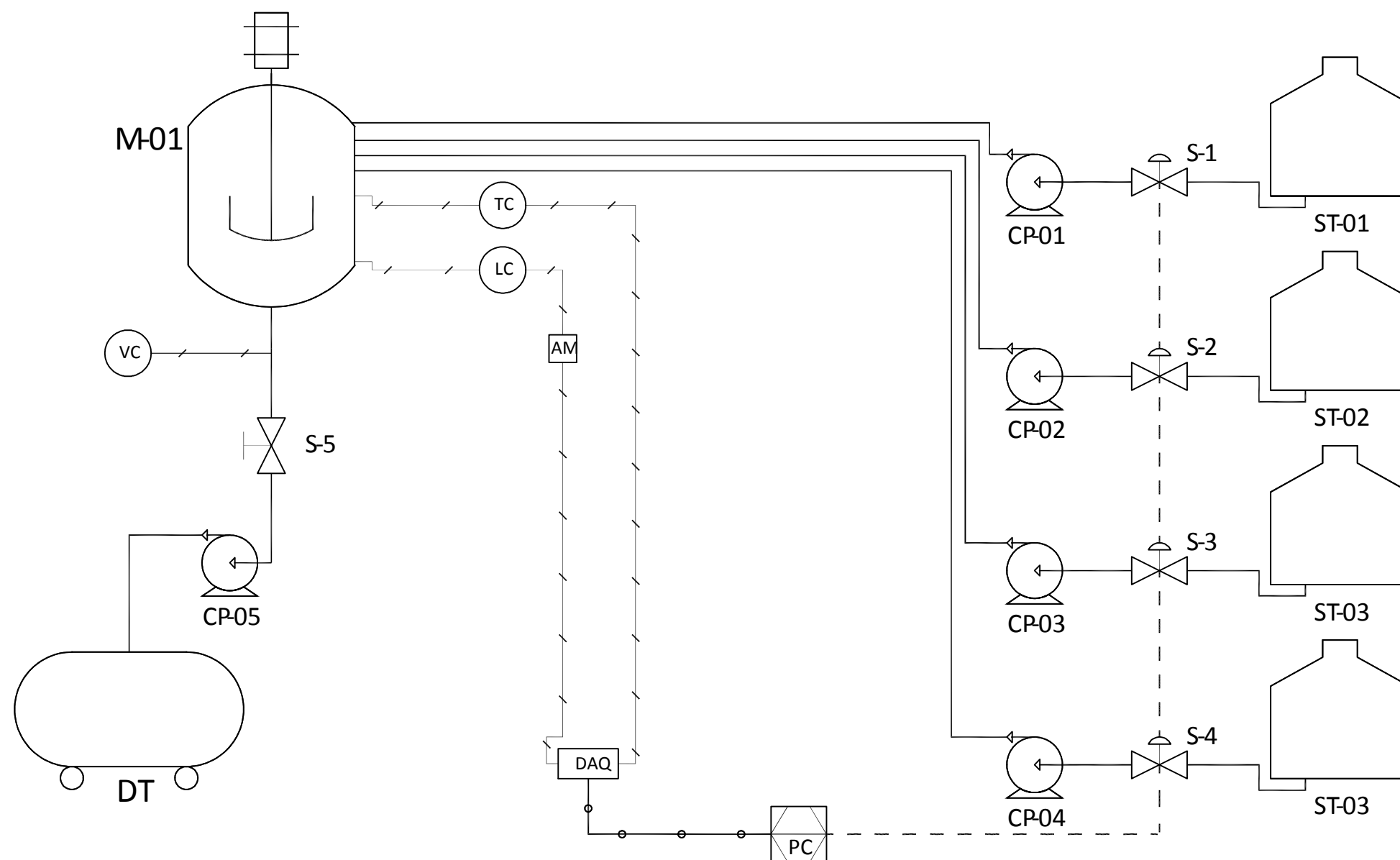
<http://centrodeartigos.com>

DOCUMENTO 2.

PLANOS


ÍNDICE DE PLANOS

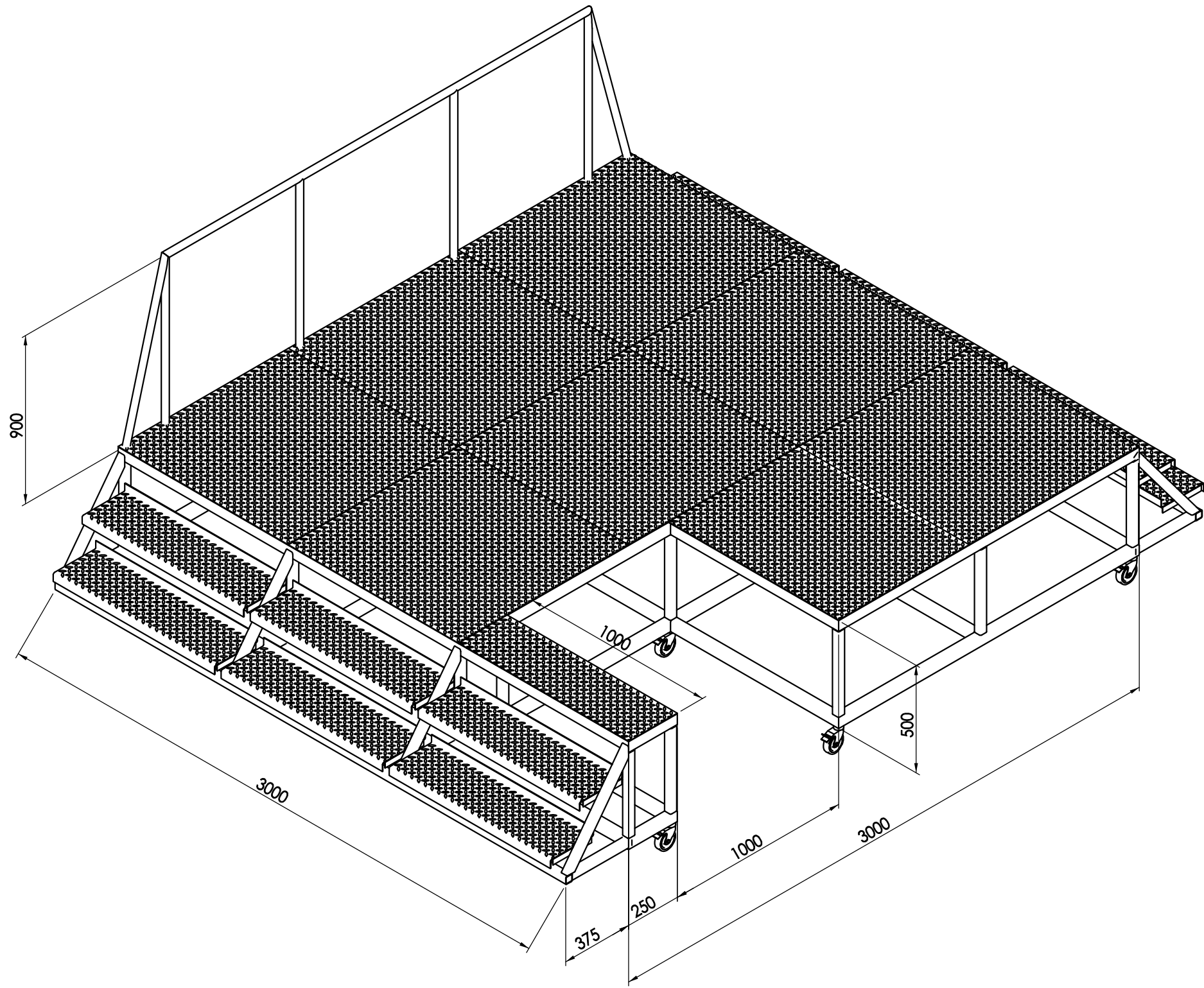
1.	PLANO 1	329
2.	PLANO 2	330
3.	PLANO 3	331
4.	PLANO 4	332
5.	PLANO 5	333
6.	PLANO 6	334




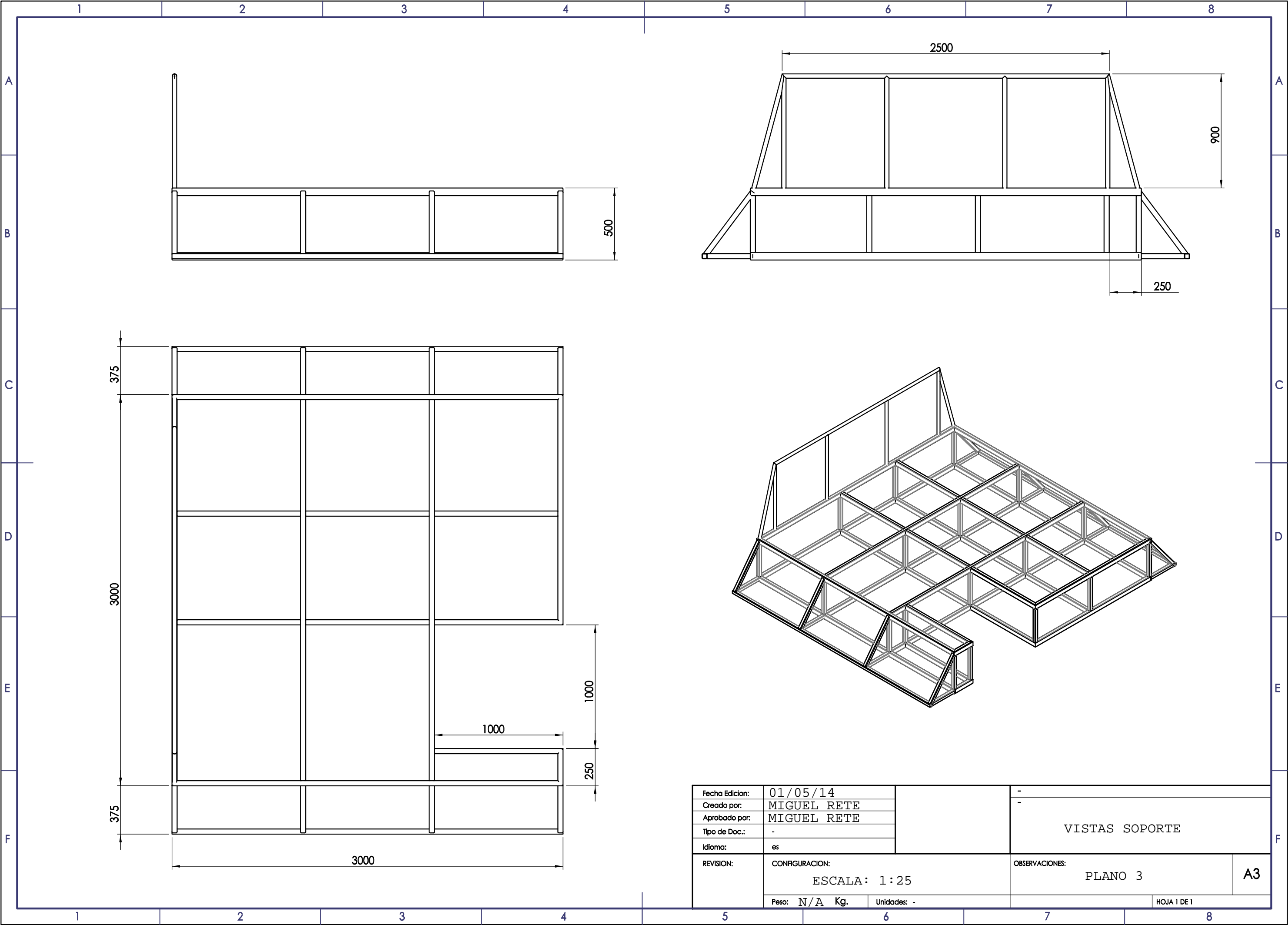
LISTA DE EQUIPOS

MARCA	DESCRIPCIÓN
M-01	Tanque agitación o mezclador
DT	Tanque descarga
ST-01	Tanque de almacenamiento MMPP-1
ST-02	Tanque de almacenamiento MMPP-2
ST-03	Tanque de almacenamiento MMPP-3
ST-04	Tanque de almacenamiento MMPP-4
CP-01	Bombas centrífugas
CP-02	
CP-03	
CP-04	
CP-05	
S-1	Electroválvulas
S-2	
S-3	
S-4	
S-5	Válvula de mariposa
TC	Control de temperatura
LC	Control de carga
AM	Amplificador de señal
DAQ	Tarjeta adquisición de datos
PC	Ordenador
VC	Control de viscosidad

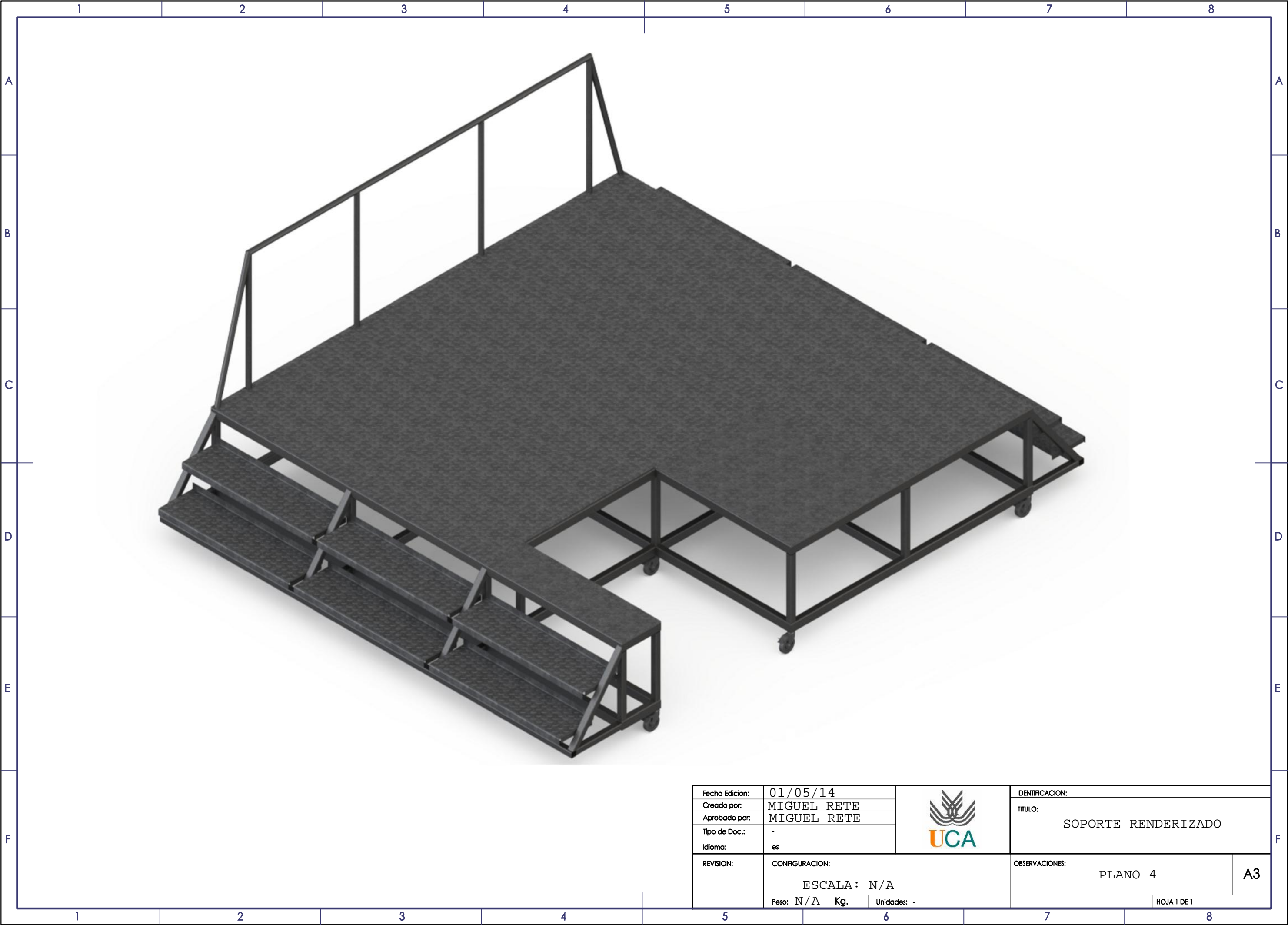
Fecha Edicion:	01/05/14		IDENTIFICACION:	
Creado por:	MIGUEL RETE		TITULO: DIAGRAMA DE FLUJO	
Aprobado por:	MIGUEL RETE			
Tipo de Doc.:	-			
Idioma:	es			
REVISION:	CONFIGURACION: ESCALA : N/A		OBSERVACIONES: PLANO 1	A3
	Peso: N/A Kg.	Unidades: -		HOJA 1 DE 1




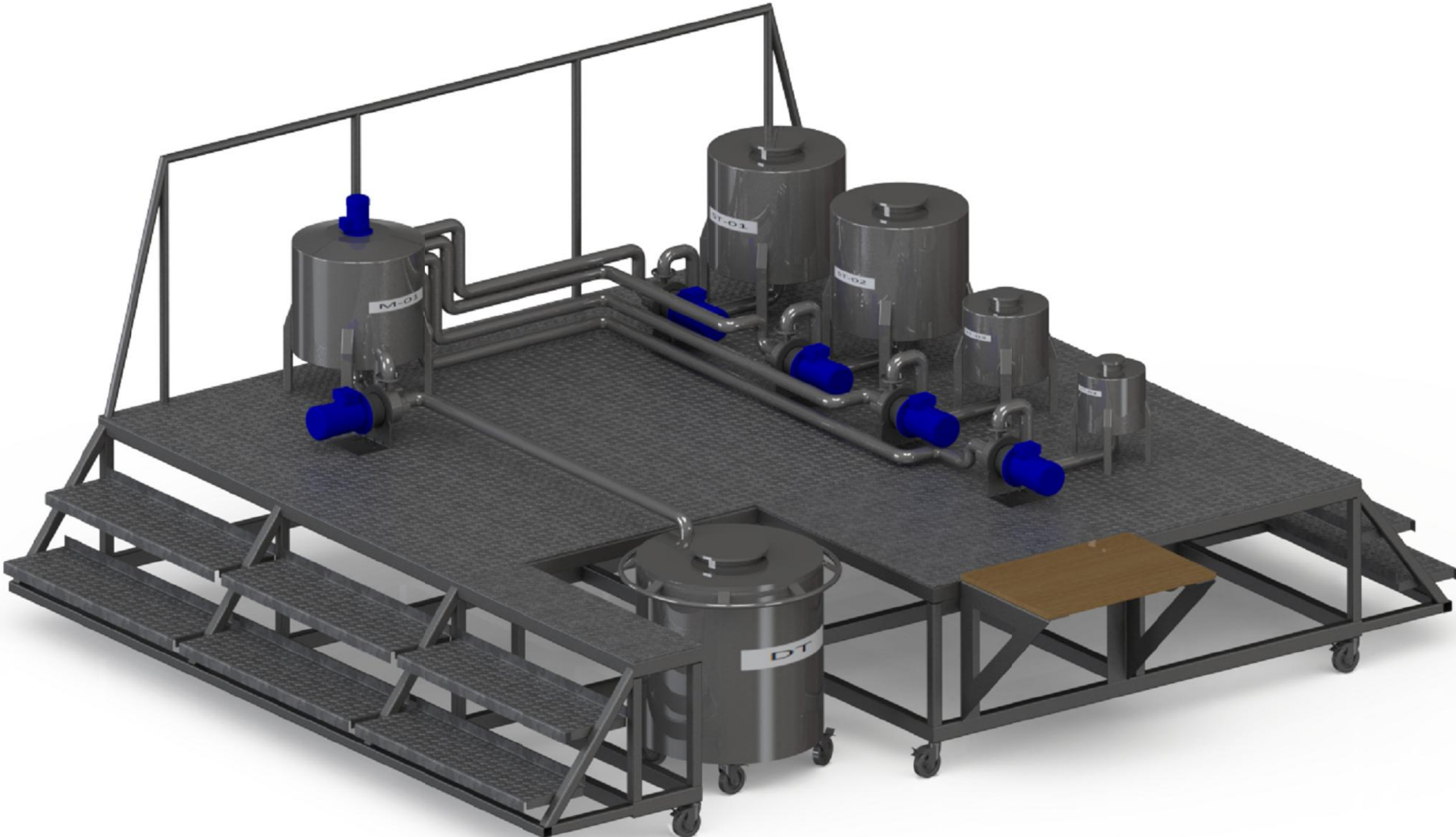



Fecha Edición:	01/05/14		IDENTIFICACION:	
Creado por:	MIGUEL RETE		TITULO: SOPORTE ISONOMÉTRICO	
Aprobado por:	MIGUEL RETE			
Tipo de Doc.:	-			
Idioma:	es			
REVISION:	CONFIGURACION: ESCALA: 1:20		OBSERVACIONES: PLANO 2	A3
	Peso: N/A Kg.	Unidades: -		HOJA 1 DE 1

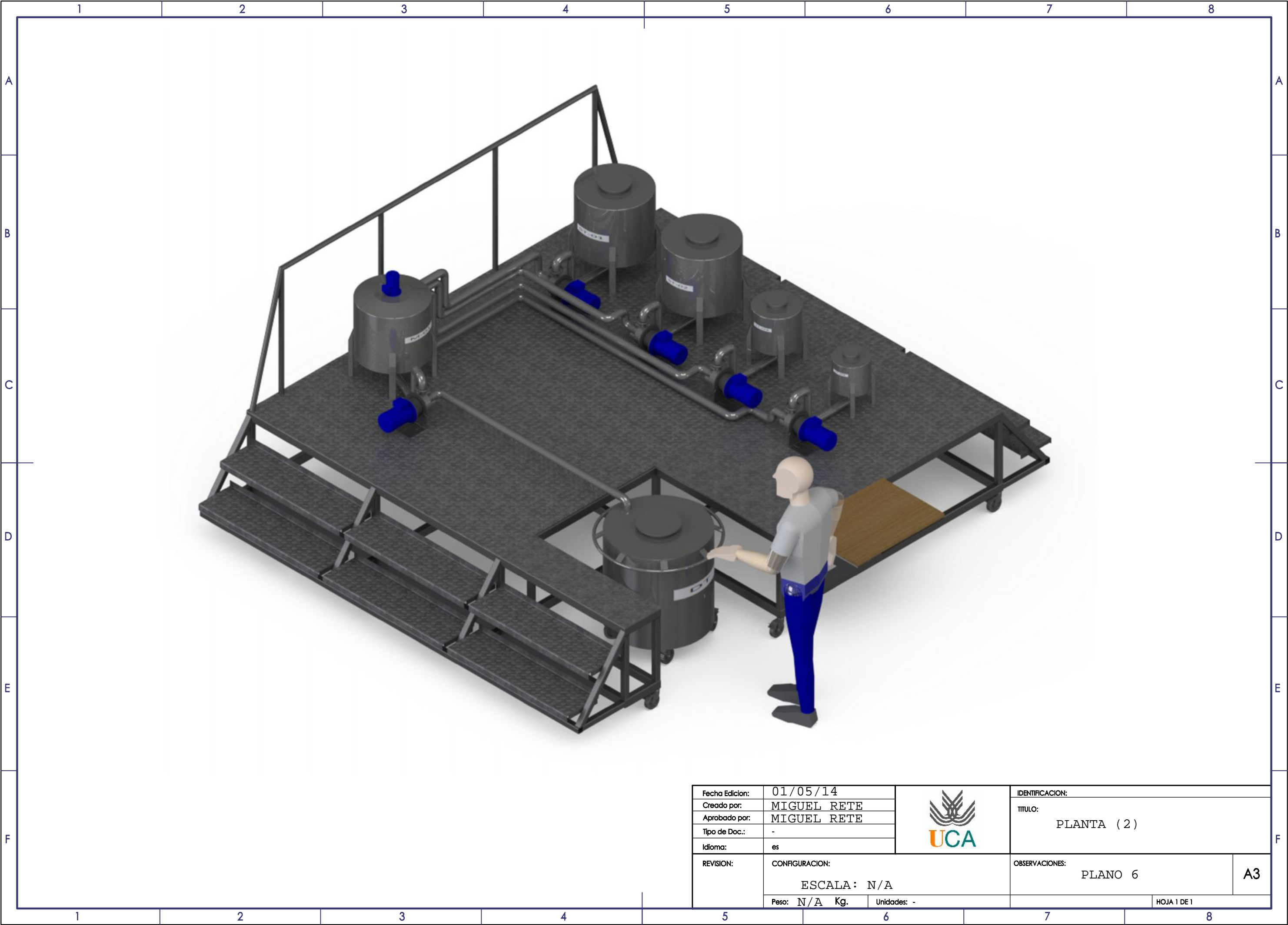



Fecha Edición:	01/05/14	-	
Creado por:	MIGUEL RETE		
Aprobado por:	MIGUEL RETE		
Tipo de Doc.:	-		
Idioma:	es	VISTAS SOPORTE	
REVISION:	CONFIGURACION:	OBSERVACIONES:	
	ESCALA: 1:25	PLANO 3	
	Peso: N/A Kg.	Unidades: -	HOJA 1 DE 1



Fecha Edición:	01/05/14		IDENTIFICACION:	
Creado por:	MIGUEL RETE		TITULO: SOPORTE RENDERIZADO	
Aprobado por:	MIGUEL RETE			
Tipo de Doc.:	-			
Idioma:	es			
REVISION:	CONFIGURACION:		OBSERVACIONES: PLANO 4	A3
	ESCALA: N/A			
	Peso: N/A Kg.	Unidades: -		

1	2	3	4	5	6	7	8																																					
A								A																																				
B								B																																				
C								C																																				
D								D																																				
E								E																																				
F					<table><tr><td>Fecha Edición:</td><td colspan="2">01/05/14</td><td rowspan="4"></td><td colspan="2">IDENTIFICACION:</td></tr><tr><td>Creado por:</td><td colspan="2">MIGUEL RETE</td><td colspan="2" rowspan="3">TITULO: PLANTA (1)</td></tr><tr><td>Aprobado por:</td><td colspan="2">MIGUEL RETE</td></tr><tr><td>Tipo de Doc.:</td><td colspan="2">-</td></tr><tr><td>Idioma:</td><td colspan="2">es</td><td colspan="2"></td><td></td></tr><tr><td rowspan="3">REVISION:</td><td colspan="2">CONFIGURACION:</td><td colspan="2" rowspan="2">OBSERVACIONES:</td></tr><tr><td colspan="2">ESCALA: N/A</td></tr><tr><td>Peso:</td><td>N/A Kg.</td><td>Unidades:</td><td>-</td><td></td><td>HOJA 1 DE 1</td></tr></table>			Fecha Edición:	01/05/14			IDENTIFICACION:		Creado por:	MIGUEL RETE		TITULO: PLANTA (1)		Aprobado por:	MIGUEL RETE		Tipo de Doc.:	-		Idioma:	es					REVISION:	CONFIGURACION:		OBSERVACIONES:		ESCALA: N/A		Peso:	N/A Kg.	Unidades:	-		HOJA 1 DE 1	A3
Fecha Edición:	01/05/14			IDENTIFICACION:																																								
Creado por:	MIGUEL RETE			TITULO: PLANTA (1)																																								
Aprobado por:	MIGUEL RETE																																											
Tipo de Doc.:	-																																											
Idioma:	es																																											
REVISION:	CONFIGURACION:		OBSERVACIONES:																																									
	ESCALA: N/A																																											
	Peso:	N/A Kg.	Unidades:	-		HOJA 1 DE 1																																						
1	2	3	4	5	6	7	8																																					



Fecha Edición:	01/05/14		IDENTIFICACION:	
Creado por:	MIGUEL RETE		TITULO: PLANTA (2)	
Aprobado por:	MIGUEL RETE			
Tipo de Doc.:	-			
Idioma:	es			
REVISION:	CONFIGURACION: ESCALA : N/A		OBSERVACIONES: PLANO 6	A3
Peso:	N/A Kg.	Unidades: -	HOJA 1 DE 1	

DOCUMENTO 3.

PLIEGO DE

CONDICIONES

PLIEGO DE CONDICIONES

1.	DISPOSICIONES GENERALES.....	337
1.1.	OBJETO DEL PLIEGO	337
1.2.	DOCUMENTOS QUE DEFINEN EL MONTAJE Y PREPARACIÓN DE LA INSTALACIÓN COMPATIBILIDAD Y RELACIÓN ENTRE ELLOS.....	337
1.3.	ACTIVIDADES ACCESORIAS NO ESPECIFICADAS EN EL PLIEGO.....	338
2.	PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES	339
2.1.	CONDICIONES GENERALES FACULTATIVAS	339
2.2.	CONDICIONES GENERALES ECONÓMICAS.....	348
2.3.	CONDICIONES GENERALES.....	350
2.4.	CONDICIONES TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	351
3.	NORMATIVA APLICADA	354

1. DISPOSICIONES GENERALES

1.1. OBJETO DEL PLIEGO

El presente Pliego de Condiciones, tiene por objeto definir las obras, fijar las condiciones técnicas y económicas, tanto de los materiales a emplear como de su ejecución, así como las condiciones generales y contractuales que han de regir en la ejecución de las obras de la instalación para la fabricación de cera fría depilatoria.

Se consideran sujetas a las condiciones de este Pliego de Condiciones, todas las obras cuyas características, planos y presupuestos se adjuntan en las partes correspondientes al Proyecto Fin de Carrera.

El presente pliego tiene por objeto la ordenación, con carácter general, de las condiciones facultativas, económicas y legales que han de regir en los concursos y contratos destinados a la ejecución de los trabajos de montaje y obra de la planta del presente proyecto de investigación, siempre que expresamente se haga mención de este pliego en los particulares de cada una de las obras.

En este último supuesto, se entiende que el Contratista Adjudicatario de la obra se compromete a aceptar íntegramente todas y cada una de las cláusulas del presente Pliego General, a excepción de aquellas que expresamente queden anuladas o modificadas en el Pliego Particular de Condiciones de cada una de las obras.

1.2. DOCUMENTOS QUE DEFINEN EL MONTAJE Y PREPARACIÓN DE LA INSTALACIÓN COMPATIBILIDAD Y RELACIÓN ENTRE ELLOS

Los documentos que definen el montaje y preparación de la instalación y que la Propiedad entregue al Contratista, pueden tener carácter contractual o meramente informativo.

El presente Proyecto consta de los siguientes documentos:

- Documento nº1: Memoria.
- Documento nº2: Planos.
- Documento nº3: Pliego de Condiciones.
- Documento nº4: Presupuesto.

Los Planos, el Pliego de Condiciones y el Presupuesto son documentos contractuales. Los datos incluidos en la Memoria, tanto en la descriptiva como en los anexos de cálculo, así como la justificación de precios tienen carácter meramente informativo.

En caso de contradicción entre los planos y el Pliego de Condiciones, prevalecerá lo prescrito en este último. Lo mencionado en los planos y omitido en el Pliego de Condiciones o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos

documentos. Todos los documentos expuestos en este Proyecto Fin de Carrera deben ser compatible entre sí.

- Memoria: se describen las instalaciones con detalle y el modo de operación de la instalación diseñada.
- Planos: se define la disposición de los equipos necesaria para la producción de cera fría depilatoria, así como el soporte que contendrá los equipos de la instalación diseñada.
- Pliego de Condiciones: se regulan los derechos, responsabilidades, obligaciones y garantías mutuas entre las partes que intervienen en el desarrollo, puesta en marcha y ejecución del proyecto.
- Presupuesto: se detallan cada uno de los materiales y costo unitario y total, además de los honorarios. Se realiza un estudio de la viabilidad económica que presenta el Proyecto Fin de Carrera. El Contratista encargado de la realización de la instalación está obligado a seguir estrictamente todo lo especificado en el presente pliego.

1.3. ACTIVIDADES ACCESORIAS NO ESPECIFICADAS EN EL PLIEGO

Si en el transcurso de los trabajos se hiciese necesario ejecutar cualquier clase de instalación que no se encuentre descrita en este Pliego de Condiciones, el Contratista estará obligado a realizarlas con estricta sujeción a las órdenes que, al efecto, reciba del Director de Instalación que tendrá plenas atribuciones para sancionar la idoneidad de los sistemas empleados, los cuales estarán expuestos para su aprobación de forma que, a su juicio, las instalaciones que resulten defectuosas total o parcialmente, deberán ser desmontadas o recibidas en su totalidad o en parte, sin que ello dé derecho a ningún tipo de reclamación por parte del Contratista.

2. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

2.1. CONDICIONES GENERALES FACULTATIVAS

i. DISPOSICIONES GENERALES

- Ley de Contratos del Estado aprobado por Decreto 923/1965 de 8 de abril.
- Reglamento General de Contratación para aplicación de dicha Ley aprobado por Decreto 3354/1967 de 28 de diciembre.
- Reglamentación general de Contratación para la Aplicación de la Ley de Contratos del Estado.
- Ley de Ordenación y Defensa de la Industria Nacional.
- Legislación laboral vigente durante la ejecución de las obras.
- Disposiciones vigentes referentes a Seguridad e Higiene en el Trabajo.

ii. DISPOSICIONES PARTICULARES

- Normas de Abastecimiento de Agua y Saneamientos de la Dirección General de Obras Hidráulicas.
- Normas Básicas (NBE) y Tecnologías de Edificación (NTE).
- Resolución General de Instrucciones para la Construcción de 31 de octubre de 1.966.

iii. NORMAS UNE

Normas UNE (Normativa de la Asociación española de Normalización) que pueden afectar a los materiales, equipos y unidades de obra incluidos en el Proyecto.

iv. NORMAS ISO

Normas ISO (Organización Internacional de Normalización) que pueden afectar a los materiales, equipos y unidades de obra incluidos en el Proyecto.

v. DIRECCIÓN DE LAS OBRAS

La Dirección de Obra es la única capacitada para la interpretación del Proyecto y para la proposición de órdenes complementarias que faciliten la ejecución del mismo.

La Dirección de Obra podrá ordenar, antes de la ejecución de las obras, las modificaciones de detalle del Proyecto que crea oportunas siempre que no altere las líneas generales de éste, no exceda la garantía técnica y sean razonables aconsejadas por eventualidades surgidas durante la ejecución de los trabajos o por mejoras que crea conveniente introducir.

La Propiedad, a quien pertenece los derechos del presente Proyecto, nombrará en su representación a un Ingeniero Químico, en quien recaerán las labores de dirección, control y vigilancia de las obras del mismo.

Todas las alteraciones técnicas o presupuestarias derivadas de estas posibles modificaciones serán aceptadas por el Contratista. El contratista es el encargado de ejecutar materialmente los trabajos, interpretando los planos de forma correcta. Éste deberá seguir las instrucciones del director de la obra en todo lo referente a calidad y acopio de materiales, ejecución de la obra, modificaciones del Proyecto, programa de trabajo y precauciones a adoptar.

El jefe de obra será plenamente responsable de la dirección y organización del trabajo, como también del manejo y control del personal del Contratista empleado para la ejecución de la obra. Una vez conseguidos todos los permisos, dará la orden de comenzar la obra.

El Contratista proporcionará toda clase de facilidades para que el Ingeniero Director pueda llevar a cabo su trabajo con la máxima eficacia.

Éste no podrá alterar ninguna parte del Proyecto ni podrá hacer uso de los Planos y datos para distintos fines de los de esta obra.

Cualquier duda del presente pliego debe ser resuelta por el Director de la Instalación.

vi. RESPONSABILIDADES DEL CONTRATISTA

En la ejecución de las instalaciones que se hayan contratado, el Contratista será el único responsable, no teniendo derecho a indemnización alguna, siendo de su cuenta y riesgo e independiente de la inspección del Ingeniero. Así mismo será responsable ante los Tribunales de los accidentes que, por inexperiencia o descuido, se pudiesen ocasionar, ateniéndose a la legislación vigente.

vii. OBLIGACIONES Y DERECHOS DEL CONTRATISTA

Las presentes condiciones son de obligado cumplimiento por el Contratista a quien se adjudique la instalación, el cual debe hacer constar que las conoce y que se compromete a cumplirlas.

Todos los desperfectos ocasionados correrán por cuenta del Contratista. De éste es también obligación ejecutar cuanto sea necesario para el buen cumplimiento y ejecución del Proyecto.

El Contratista podrá sacar a su necesidad copias de los documentos originales, los cuales serán suministrados por el Ingeniero Director, que autorizará las copias con su firma. Estará asegurado el Contratista en una compañía solvente para cubrir cualquier accidente.

Correrán por cuenta del Contratista, a no ser que se especifique lo contrario en el contrato, los siguientes gastos:

- Los de puesta en campo y retirada de cualquier medio auxiliar.
- Los de protección de los materiales ante el deterioro que se pudiese causar.
- Los de limpieza.
- Los de retirada de materiales rechazados y corrección de las deficiencias observadas y puestas de manifiesto por los correspondientes ensayos y pruebas.

Desde el comienzo de los trabajos, el Contratista designará un Jefe de Instalación como su representante que estará autorizado y que cuidará de que los trabajos sean llevados con diligencia y competencia. Este Jefe de Instalación estará autorizado para recibir notificaciones verbales o escritas del Contratista que estarán emitidas por la Dirección Facultativa y para firmar y aceptar las mediciones realizadas por la Dirección Facultativa.

Cualquier cambio que el Contratista desee hacer con respecto a sus representantes y personal, deberá comunicarlo a la Dirección Facultativa.

El Contratista, por él mismo o por medio de sus representantes estará en las instalaciones durante el trabajo y acompañará a la Dirección Facultativa en las visitas que realice.

El Contratista se verá obligado a suministrar toda la información precisa a las diferentes subcontratas e instaladores para que su labor se ajuste al Proyecto. En cualquier caso, el Contratista será el único responsable de las variaciones o errores que hubieran podido cometer por desconocimiento de las especificaciones detalladas.

El Contratista está obligado a cumplir la legislación vigente en materia de seguro contra riesgo de accidentes para su personal.

El Contratista y la Dirección de la Instalación fijarán de antemano las condiciones de seguridad en las que se llevarán a cabo los trabajos del presente Proyecto, así como las pruebas, ensayos, inspecciones y verificaciones necesarias, que en cualquier caso, deberán ser las prescritas por los reglamentos actuales vigentes.

Por otra parte, el Contratista será responsable de suministrar al personal los equipos necesarios para que éste trabaje en las condiciones de seguridad adecuadas.

Asimismo, serán responsabilidad del Contratista los posibles daños causados en las instalaciones, ocasionados por personas ajenas.

viii. LA DIRECCIÓN FACULTATIVA

La Dirección Facultativa de las instalaciones recaerá en el Ingeniero que suscribe, salvo posterior acuerdo con la Propiedad.

Es misión específica de la Dirección Facultativa la dirección y vigilancia de los trabajos que se realicen, con autoridad técnica, legal, completa e irrevocable sobre las personas y cosas situadas en la obra y con relación a los trabajos necesarios para la ejecución del contrato, pudiendo incluso, con causa justificada, recusar en nombre de la Propiedad al Contratista si considera que adoptar esa solución es necesaria y útil para la consecución de la instalación.

La Dirección Facultativa podrá ordenar al Contratista, cuanto estime procedente para asegurar el cumplimiento del Proyecto y de las Condiciones Técnicas y la planificación de los trabajos. Tendrá que realizar tantas comprobaciones como sean necesarias o exigidas por el Proyecto, especialmente por el Pliego de Condiciones.

Además deberá informar y proponer aquellos cambios que bien a instancia propia o del Contratista supongan mejoras funcionales, resistentes o de durabilidad, cuya incidencia en la planificación de los trabajos resulte determinada y que produzcan alteraciones del presupuesto del Proyecto en Ejecución.

ix. RESPONSABILIDADES DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA POR RETRASO

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos estipulados, alegando como excusa la carencia de Planos y órdenes de la Dirección Facultativa exceptuando el caso en el que el Contratista lo haya solicitado y no se les haya entregado.

En este caso, la Dirección Facultativa será la responsable del retraso sufrido.

x. DISPOSICIONES VARIAS

1. Libro de órdenes.

El Contratista tendrá siempre a mano y a disposición de la Dirección Facultativa un libro de órdenes con las hojas por duplicado y visado por el colegio profesional correspondiente. En el libro irán redactadas todas las órdenes que la Dirección Facultativa vea oportuno dar al Contratista.

Cada orden estará firmada por la Dirección Facultativa y por el Contratista o su representante en la instalación de los equipos.

El cumplimiento de las órdenes expresadas en dicho libro es tan obligatorio para el contratista como las que figuran en el pliego de condiciones.

El hecho de que en el libro de órdenes no vengán redactadas las obligaciones inherentes al puesto del Contratista, no lo exime de cumplimiento alguno.

2. Reclamaciones de la dirección facultativa.

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra la Dirección Facultativa sólo podrán presentarlas a través de la misma ante la Propiedad, si ellas son de orden económico y de acuerdo con las condiciones del Pliego. Contra disposiciones de orden técnico o facultativo de la Dirección Técnica, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar sus responsabilidades mediante la exposición razonada ante la Dirección Facultativa.

3. Orden de los trabajos.

El Director de la instalación fijará el orden en el que se deba desarrollar la realización de las distintas partes que componen el Proyecto, así como las normas a seguir en todo lo no regulado en él. En general, la determinación del orden es tarea de la Contrata, salvo aquellos casos en el que la Dirección crea oportuno su variación.

Estas órdenes serán comunicadas por escrito a la Contrata, y ésta deberá aceptar su cumplimiento, siendo directamente responsable de cualquier daño que se pudiese provocar por su incumplimiento.

4. Replanteo.

Antes de comenzar el desarrollo del Proyecto, la Dirección Facultativa ayudada por el personal y en presencia del Contratista o su representante, procederá al replanteo de la instalación y se levantará un acta de comprobación.

El Contratista estará obligado a satisfacer los gastos de replanteo y sucesivas comprobaciones. Asimismo, será también de cuenta del Contratista los gastos de protección del material, limpieza, evacuación de desperdicios, señalización, material auxiliar y demás recursos como el desplazamiento de personal.

5. Comienzo de los trabajos y plazo de ejecución.

Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista dar cuenta al Ingeniero Director del comienzo de los trabajos, antes de transcurrir veinticuatro horas de su iniciación.

El Contratista comenzará las obras dentro del plazo de 15 días desde la fecha de adjudicación. Dará cuenta al Ingeniero Director, mediante oficio, del día en que se propone iniciar los trabajos.

El Contratista está obligado al cumplimiento de todo cuanto se dispone en la Reglamentación Oficial del Trabajo.

El plazo de ejecución de la obra responderá a la planificación realizada por el Cliente y coordinada por el Contratista. Dicha planificación se estima en un mes en función de los plazos de entrega de los equipos y al trabajo de montaje, diseño y configuración.

En caso de exceder las previsiones de realización del trabajo, y no siendo esto por causas ajenas al Contratista, no se facturará ningún cargo extra.

El Cliente informará con una antelación mínima de tres días de la disponibilidad de las instalaciones para el comienzo. El Contratista emitirá un informe escrito después de la realización del trabajo al Cliente para su aprobación.

6. Condiciones generales de la ejecución del trabajo.

El Contratista debe emplear los materiales y mano de obra que cumplan las condiciones exigidas y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva de la instalación, el Contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en estos puedan existir, por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que pueda servirle de excusa ni le otorgue derecho alguno, la circunstancia de que el Ingeniero Director o sus subalternos no le hayan llamado la atención sobre el particular, ni tampoco el hecho de que hayan sido valorados en las certificaciones parciales de la obra que siempre se supone que se extienden y abonan a buena cuenta.

La instalación será ejecutada a completa satisfacción de las inspecciones del Cliente y Contratista.

Todas las relaciones entre Contratista y Cliente serán registradas por escrito, no más tarde de 48 horas después de los acuerdos y canalizadas a través del Jefe de Producción.

Todas las herramientas para ejecución de la obra serán por cuenta del Contratista, salvo aquellas que por necesidad fuesen especiales de los propios equipos.

Todo el personal de la Empresa Constructora que participa en la ejecución de los trabajos deberá estar equipado convenientemente para la prevención de accidentes de trabajo. Todo el equipo de protección personal será a cuenta del Contratista.

Los equipos se instalarán cumpliendo las normas vigentes y las instrucciones dadas por el fabricante. Si se llevasen a cabo modificaciones, se añadiesen materiales o se sustituyesen sin aprobación del Cliente, el Constructor se hará cargo de todo lo que esto puede originar.

7. Remisión solicitud de ofertas.

Por la Dirección Técnica se solicitarán ofertas a las Empresas especializadas del sector, para la realización de las instalaciones especificadas en el presente Proyecto o un extracto con los datos suficientes. En el caso de que el ofertante lo estime de interés deberá presentar además de la mencionada, la o las soluciones que recomiende para resolver la instalación.

El plazo máximo fijado para la recepción de las ofertas será de quince días. El presupuesto deberá estar basado en el suministro, la instalación y la configuración del sistema diseñado por el Cliente, excluyéndose cualquier otra máquina o equipo que no sea el mencionado.

8. Sanciones por retraso en los trabajos.

Si el Constructor, no tuviese concluidos los trabajos y en disposición de inmediata utilización o puesta en servicio, dentro del plazo previsto en el artículo correspondiente, la Propiedad podrá reducir de las liquidaciones, fianzas o remuneraciones.

9. Trabajos defectuosos y vicios ocultos.

El Contratista debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las condiciones generales de índole técnico del Pliego de Condiciones en la edificación y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado.

Cuando el Ingeniero Director o su representante adviertan vicios o defectos en los trabajos efectuados, o que los materiales o los aparatos no reúnen las condiciones, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos y antes de verificarse la recepción definitiva de la instalación, podrán disponer que las partes defectuosas sean retiradas y modificadas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la Contrata.

10. Materiales no utilizados o defectuosos.

No se procederá al empleo y colocación de los materiales y de los equipos sin ser examinados y aceptados por Ingeniero Director, en los términos que prescriben los Pliegos de Condiciones, depositando al efecto el Contratista, las muestras y modelos necesarios, para efectuar con ellos comprobaciones, ensayos o pruebas preceptuadas en el Pliego de Condiciones, vigente en la obra.

Los gastos que ocasionen los ensayos, análisis, pruebas, etc. antes indicados serán a cargo del Contratista. Cuando los materiales no se ajustan a la calidad requerida o no están preparados, el Ingeniero Director dará orden al Contratista para que los reemplace por otros que se ajusten a las condiciones requeridas o en su defecto, a las órdenes del Ingeniero Director.

11. Materiales eléctricos.

Para el montaje eléctrico y el suministro de material, se seguirá el Reglamento para Baja Tensión, Decreto 2.413/1973 de 20 de septiembre, (BOE nº 242 de 9 de octubre) y las Instrucciones MIBT, Orden de 31 de octubre de 1973, (BOE nº 310 de 27 de diciembre).

12. Materiales no especificados en el presente capítulo.

Los demás materiales que se emplean en las obras objeto de este proyecto, y que no hayan sido específicamente tratados en este pliego, serán de probada calidad entre los

de su clase, en armonía con las aplicaciones que hayan de recibir y con las adecuadas características que exige su correcta conservación, utilización y servicio.

En todo caso, estos materiales serán sometidos al estudio y aprobación, si procede, el Director de Obras, quién podrá exigir cuantos catálogos, referencias, muestras, informes y certificados que los correspondientes fabricantes estimen necesarios.

13. Indemnización por retraso de los trabajos.

El importe de la indemnización que debe abonar el Contratista por causas de retraso no justificado, será el importe de la suma de perjuicios materiales causados por imposibilidad de ocupación del inmueble, debidamente justificados.

14. Accidentes de trabajos y daños a terceros.

En caso de accidentes ocurridos con motivo en el ejercicio de los trabajos, el Contratista se atenderá a lo dispuesto a estos respectos en la legislación vigente, y siendo, en todo caso, único responsable de su cumplimiento y sin que por ningún concepto, pueda quedar afectada la Propiedad por responsabilidades en cualquier aspecto.

El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad obligadas por las disposiciones vigentes para evitar accidentes.

De los accidentes o perjuicios de todo género que, por no cumplir el Contratista lo legislado sobre la materia, pudieran acaecer o sobrevenir, será éste el único responsable, o sus representantes en la obra, ya que se considera que en los precios contratados están incluidos todos los gastos precisos para cumplimentar debidamente dichas disposiciones legales.

El Contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran en el transcurso de los trabajos de instalación. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien y cuando corresponda, de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de los trabajos.

15. Aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto.

Cuando se trata de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o de los Planos, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán por escrito al Contratista, estando éste obligado a su vez a devolver los originales y las copias, suscribiendo con su firma al enterado, que figura así mismo en todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba tanto de la Propiedad como de la Dirección Técnica.

16. Ampliación del proyecto por causas imprevistas.

Si por causa de fuerza mayor no se pudiesen comenzar las obras, tuviesen que ser suspendidas o no fuese posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará al Contratista una prórroga proporcionada para el cumplimiento del plazo, previo informe de la Dirección Facultativa.

Para ello, el Contratista expondrá por escrito dirigido a la Dirección Facultativa, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que se originaría en los plazos acordados razonando la prórroga que por dicha causa se solicita.

17. Recepción provisional.

Terminado el plazo de ejecución de la instalación y puesta en servicio, se procederá a la recepción provisional de las mismas estando presente la comisión que designe el Contratista y el Director de Instalación. Se realizarán todas las pruebas que el Director de Instalación estime oportunas para el cumplimiento de todo lo especificado en este pliego y buena ejecución y calidad de las mismas.

Si la instalación se encuentra en buen estado y ha sido ejecutada conforme a las condiciones establecidas, se dará por recibida provisionalmente comenzando en dicha fecha el plazo de garantía señalado en el presente pliego y procediéndose en el plazo más breve posible a su medición general y definitiva, con asistencia del Contratista o su representante.

Cuando las obras no se encuentren en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta especificando las premisas que el Director de Instalación debe señalar al Contratista para remediar los defectos observados, fijando un plazo para ello.

18. Plazo de garantía.

El plazo de garantía será de un año a contar desde la fecha de su recepción provisional. Durante el periodo de garantía todas las reparaciones derivadas de una mala instalación imputables al Contratista serán abonadas por este.

Si el Director de Instalación tuviera fundadas razones para creer en la existencia de vicios o defectos de instalación en las tareas ejecutadas, ordenará efectuar antes de la recepción definitiva las rectificaciones que crea necesarias para reconocer los trabajos.

Los gastos derivados en dichas reparaciones o remodelaciones correrán a cargo del Contratista, siempre que existan tales vicios, en caso contrario correrán a cargo de la Propiedad.

19. Recepción definitiva.

Pasado el plazo de garantía, si las instalaciones se encuentran en perfecto estado de uso y conservación, se darán por recibidas definitivamente.

Una vez recibidas definitivamente las instalaciones se procederá de inmediato a su liquidación y resolución de la fianza de la que se detraerán las sanciones o cargos que procedan, conforme a lo estipulado en el presente pliego.

En caso de que las instalaciones no se encuentren en estado para la recepción definitiva, se procederá de igual forma que para la recepción provisional sin que el Contratista tenga derecho a percibir cantidad alguna en concepto de ampliación del plazo de garantía.

20. Liquidación de las obras.

Una vez efectuada la recepción provisional, se procederá a la medición general de las obras, que ha de servir para la valoración final de las mismas. La liquidación de las obras se llevará a cabo después de realizada la recepción definitiva, descontando el importe de las reparaciones y obras de conservación que se hayan producido durante el plazo de garantía en el caso de que el Contratista no las hubiese realizado por su cuenta.

También se descontarán los gastos de retirada de todas las instalaciones, materiales, etc., en el caso de que el Contratista no lo hubiese hecho por su cuenta, en el plazo de 30 días a partir de la fecha del Acta de Recepción Provisional.

2.2. CONDICIONES GENERALES ECONÓMICAS

Comprenderán las que afecten al coste y pago de los trabajos contratados, al plazo y forma de las entregas, a las fianzas y garantías para el cumplimiento del Contrato establecido, a los casos que proceden las mutuas indemnizaciones y todas las que se relacionen con la obligación contraída por el Propietario a satisfacer el importe y la remuneración del trabajo contratado, una vez ejecutadas, parcial o totalmente por el Contratista, y de acuerdo con las condiciones convenidas, las que le fuera adjudicadas.

La base fundamental de estas condiciones es la de que el Contratista debe percibir el importe de todos los trabajos ejecutados, siempre que estos se hayan realizado de acuerdo al Proyecto y al Pliego de Condiciones.

Todos los que intervienen en el proceso de construcción tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación, con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas.

La Propiedad, el Contratista y, en su caso, los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

A. GARANTÍA Y CUMPLIMIENTO DE FIANZA

El Ingeniero Director podrá exigir al Contratista la presentación de referencias, al objeto de cerciorarse de si éste reúne todas las condiciones requeridas para el exacto

cumplimiento del contrato; dichas referencias serán presentadas por el Contratista antes de la forma del Contrato.

La persona o entidad a quien se haya adjudicado la ejecución de la instalación, deberá depositar en el punto y plazo marcados la fianza definitiva.

El contratista prestará fianza con arreglo a alguno de los siguientes procedimientos según se estipule:

- a) Depósito previo, en metálico, valores, o aval bancario, por importe entre el 4% y el 10% del precio total de contrata.
- b) Mediante retención en las certificaciones parciales o pagos a cuenta en igual proporción.

La fianza será devuelta al Contratista en el plazo que no exceda de 8 días, una vez firmada el acta de recepción definitiva de la instalación.

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Ingeniero Director, en nombre y representación del propietario, los ordenará ejecutar a un tercero o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el propietario, en el caso de que el importe de la fianza no bastara para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

B. PENALIZACIONES

Si los vigentes precios, en el momento de firmar el Contrato, experimentan una variación en más o menos de un 5%, podrá hacerse una revisión de precios a petición de cualquiera de las partes, que se aplicará a la instalación que falte por ejecutar. Ambas partes convendrán el nuevo precio unitario antes de comenzar o continuar la ejecución de los trabajos, acordándose también la fecha a partir de la cual entran en vigencia estos nuevos precios.

C. ADQUISICIÓN DE LOS MATERIALES

Si el Contratista es el autorizado para gestionar y adquirir los materiales, deberá presentar al Propietario los precios y las muestras de los materiales, para que éste los apruebe antes de adquirirlos.

Si los materiales o aparatos fuesen de inferior calidad a lo aprobado, el Contratista tiene la obligación de rechazarlos hasta que se le entreguen otros de las calidades ofrecidas y aceptadas. A falta del cumplimiento de esta obligación, el Contratista indemnizará al Propietario con el importe de los perjuicios.

D. MEDICIONES

Tanto las mediciones parciales como las que se ejecuten al final de la instalación, se realizarán con el Contratista, levantándose las correspondientes actas que serán firmadas por ambas partes.

El Contratista tiene derecho a reclamación por las diferencias que se produjeran entre las mediciones que se ejecuten y las que figuren en el Proyecto.

E. VALORACIONES

En el precio se consideran incluidos los gastos del transporte de materiales, las indemnizaciones o pagos que hayan de hacerse por cualquier concepto, así como todo tipo de impuestos fiscales.

También serán de cuenta del Contratista los honorarios, las tasas y demás gravámenes que se originan con ocasión de las inspecciones, aprobación y comprobación de las instalaciones con que esté dotado el inmueble. El Contratista no tendrá derecho a pedir indemnización alguna por las causas enumeradas anteriormente.

2.3. CONDICIONES GENERALES

A. EL CONTRATO

El contrato se formalizará mediante un documento privado o público y en él se especificarán las particularidades que convengan a ambos lados.

El Contratista y el Promotor previamente firmarán el presente pliego obligándose a su cumplimiento, siendo nulas las cláusulas que se opongan o anulen disposiciones del mismo.

B. CAUSAS DE RESICIÓN DE CONTRATO

La rescisión, si se produjera, se regirá por el Reglamento General de Contratación para la aplicación de la Ley de Contratos del Estado, por el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales y demás disposiciones vigentes.

Se consideran causas de rescisión las siguientes:

- La muerte o incapacidad del contratista.
- La quiebra del Contratista.

En los casos anteriores, si los herederos ofrecieran llevar a cabo las obras, bajo el mismo contrato, el Propietario puede admitir o rechazar el ofrecimiento.

- Las alteraciones del contrato por la modificación del Proyecto, en forma tal que presente alteraciones fundamentales, a juicio del Ingeniero Director y, siempre que la variación del presupuesto de ejecución, como consecuencia de estas modificaciones, represente en más o menos del 40%, como mínimo.
- La suspensión de la obra comenzada, siempre que, por causas ajenas a la Contrata, no se dé comienzo a los trabajos dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación, en este caso, la devolución de la fianza debe ser automática.
- La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año.
- El no dar comienzo a los trabajos dentro del plazo acordado.
- El abandono de la obra sin causa justificada.
- La mala fe en la ejecución de los trabajos.

En caso de rescisión por incumplimiento del Contrato por parte del Contratista, los medios auxiliares de éste podrán ser utilizados gratuitamente, por la entidad a cuyo cargo se realizan las obras, para la terminación de las mismas. Todos estos medios auxiliares quedarán en poder del Contratista, una vez terminadas las obras, quien no tendrá derecho a reclamación alguna por los desperfectos a que su utilización haya dado lugar.

2.4. CONDICIONES TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

A. INVESTIGACIÓN

i. CONDICIONES GENERALES PARA LA INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación descrito en la “Memoria descriptiva” del presente Proyecto, se llevará a cabo según los métodos de ensayo mencionados y las especificaciones señaladas.

ii. CONDICIONES PARA EL MATERIAL DE LABORATORIO Y MATERIAS PRIMAS

Deberán tener las especificaciones y certificaciones oportunas. Se revisará todo el material, y se procederá a su rechazo o devolución al proveedor ante cualquier anomalía.

Las materias primas se encontrarán debidamente enfrascados o embotellados, además de etiquetados señalando todas sus características.

Serán almacenados en lugar fresco y seco para evitar contaminación o deterioro.

B. INSTALACIÓN DE EQUIPOS

i. PUESTA EN MARCHA

Durante la duración del presente Proyecto se efectuarán pruebas de carga de los diferentes equipos, así como de resistencia a las altas temperaturas.

El Contratista deberá efectuar las pruebas y puesta en funcionamiento de todos los equipos y aparatos eléctricos, electrónicos, mecánicos, hidráulicos y neumáticos instalados.

ii. CONDICIONES GENERALES PARA LOS MATERIALES

Todos los materiales a emplear serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas en este Proyecto; además, dichas condiciones serán las vigentes referentes a Materiales y prototipos de construcción.

- **Materiales no específicos.**

Cualquier material que no haya sido especificado ni descrito en la “Memoria descriptiva” y fuese necesario utilizar, reunirá las condiciones que se requieran para su función, siendo fijadas por el Contratista las fuentes de suministro que éste estime oportunas.

En cualquier caso, el Contratista notificará al Director de Instalación, con la suficiente antelación, los materiales que se propone utilizar, aportando las muestras y los datos necesarios para su posible aceptación, siendo el criterio de la Dirección Facultativa totalmente inapelable.

iii. CONDICIONES GENERALES PARA LAS TUBERÍAS

Las tuberías serán de acero inoxidable AISI 304. Las tuberías serán de los diámetros y características especificados en la “Memoria descriptiva” y en los Anexos de este Proyecto, y estarán libres de fisuras, grietas, poros, impurezas, deformaciones o faltas de homogeneidad, así como de otros defectos que pudieran disminuir su resistencia y apartar su comportamiento del esperado por sus características.

- **Condiciones para las válvulas.**

Las válvulas serán del tipo y características especificadas en la “Memoria descriptiva” del presente Proyecto. Estarán libres de defectos, irregularidades, etc., que puedan dificultar su instalación o montaje, o que puedan afectar negativamente a su comportamiento durante el proceso.

Durante su instalación se tendrá especial cuidado de alinear correctamente los extremos con la tubería en la que vayan a ser instaladas.

iv. CONDICIONES GENERALES PARA LOS EQUIPOS

- **Condiciones para los tanques de agitación, de almacenamiento, bombas y resto de dispositivos que conforman la planta diseñada.**

Deberán tener las especificaciones oportunas para la instalación que se proyecta en el presente Proyecto. Las especificaciones se encuentran detalladas en la “Memoria descriptiva” y en los Anexos de la misma.

El Director de Instalación supervisará los equipos antes de su montaje, comprobará su buen estado y podrá rechazarlos si observa anomalías que a su juicio puedan provocar irregularidades en su funcionamiento.

Si desde que los equipos son recibidos desde el taller del fabricante hasta que son montados en la instalación hubiera transcurrido un periodo de tiempo que el Director de Instalación considerase razonablemente largo, serán almacenados bajo techo en un lugar seco, y se tomarán precauciones para que no sufriesen contaminación o acumulación de suciedad, así como golpes o deterioros.

3. NORMATIVA APLICADA

- Ley de Prevención de Riesgos Laborales 31/1995, de 8 de noviembre, publicada en el B.O.E. nº 269, de 10 de noviembre de 1995.
- R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- R.D. 485/1997, de 14 de abril, sobre las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- R.D. 486/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- R.D. 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- R.D. 1215/1997 de 18 de julio, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- R.D. 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- R.D. 1316/1989, de 27 de octubre, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.
- Decreto 3565/1972 del 23 de diciembre por el que se establecen las Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE).
- Decreto por el que se establecen las Normas Básicas en la Edificación (NBE).
- Normativa U.N.E.
- Orden del 31 de mayo de 1982 por la que se aprueba la ITC MIEAP5 sobre extintores de incendios.
- Real Decreto 786/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

PRESUPUESTO

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

1.	INTRODUCCIÓN	357
2.	PRESUPUESTO TOTAL	357
2.1.	COSTES DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO	358
2.2.	COSTES DE EQUIPOS.....	358
2.3.	COSTE INSTALACIÓN	360
2.4.	BENEFICIO INDUSTRIAL	360
2.5.	PRESUPUESTO TOTAL PROYECTADO	360
2.6.	ESTUDIO VIABILIDAD ECONÓMICA	361

1. INTRODUCCIÓN

Es importante conocer cuánto nos vamos a gastar en construir esta planta, y si es viable o no este proyecto. Para ello es imprescindible realiza un estudio económico en el que se detalle cuanto nos cuesta realizarlo y si es rentable en plazo de tiempo inferior a la vida útil de la planta.

Para llevar a cabo esta tarea, es necesario conocer cuánto costaría la planta a la empresa. Para realizar este estudio, el coste total del proyecto se dividirá entre los costes de investigación y el personal que ha trabajado en ella, así como el coste de los equipos y la instalación de los mismos.

Posteriormente, una vez conocido el valor de la planta, se calculará dos parámetros económicos como son el VAN y el TIR, que nos indicarán si el proyecto es viable.

2. PRESUPUESTO TOTAL

En el presente presupuesto del Proyecto Final de Carrera desarrollado se van a detallar los costes derivados de su desarrollo. Así, el presupuesto tendrá en cuenta:

- Horas de investigación y desarrollo de la cera producida.
- Costes de equipos.
- Coste de la instalación de los equipos.

2.1. COSTES DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Este coste tendrá en cuenta tanto las horas dedicadas en el laboratorio a la experimentación, las horas dedicadas al estudio de Reología, así como las horas dedicadas al desarrollo del presente proyecto.

INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO			
CONCEPTO	HORAS	COSTE (€/HORA)	COSTE TOTAL (€)
EXPERIMENTACIÓN (2 SEMANAS A 5 HORAS DIARIAS)	50	21	1.050,00 €
ESTUDIO REOLOGÍA (1 MES A 3 HORAS DIARIAS)	90	21	1.890,00 €
ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DESARROLLO DE PFC (3 MESES A 3 HORAS DIARIAS)	270	21	5.670,00 €
			8.610,00 €

Tabla 1. Costes de las horas dedicadas a la investigación y desarrollo del PFC.

2.2. COSTES DE EQUIPOS

Los costes de los equipos que componen la instalación diseñada son detallados en la siguiente tabla.

COSTE DE EQUIPOS Y ACCESORIOS				
CONCEPTO	SUMINISTRADOR	CANTIDAD	COSTE UNITARIO	COSTE TOTAL
TANQUE DE AGITACIÓN	"MGT Liquid & Process Systems"	1	900,00 €	900,00 €
AGITADOR TIPO ÁNCORA	"MGT Liquid & Process Systems"	1	1.100,00 €	1.100,00 €
MOTOR AGITACIÓN	"MGT Liquid & Process Systems"	1	1.100,00 €	1.100,00 €
TANQUE ALMACENAMIENTO 1	DE "SIEHE Mechanical & Electrical"	1	400,00 €	400,00 €
TANQUE ALMACENAMIENTO 2	DE "SIEHE Mechanical & Electrical"	1	400,00 €	400,00 €
TANQUE ALMACENAMIENTO 3	DE "SIEHE Mechanical & Electrical"	1	200,00 €	200,00 €
TANQUE ALMACENAMIENTO 4	DE "SIEHE Mechanical & Electrical"	1	165,00 €	165,00 €
TANQUE DE DESCARGA	"SIEHE Mechanical & Electrical"	1	700,00 €	700,00 €

SOPORTE		"PERSONAL EMPRESA"	1	3.500,00 €	3.500,00 €
BOMBA ALIMENTACIÓN 1	CENTRÍFUGA	"INOXPA"	1	400,00 €	400,00 €
BOMBA ALIMENTACIÓN 2	CENTRÍFUGA	"INOXPA"	1	400,00 €	400,00 €
BOMBA ALIMENTACIÓN 3	CENTRÍFUGA	"INOXPA"	1	400,00 €	400,00 €
BOMBA ALIMENTACIÓN 4	CENTRÍFUGA	"INOXPA"	1	400,00 €	400,00 €
BOMBA DECARGA	CENTRÍFUGA	"INOXPA"	1	400,00 €	400,00 €
RESISTENCIAS FLEXIBLES	LAMINARES	"Electricfor"	4	300,00 €	1.200,00 €
CÉLULA DE PESAJE		"Uticell"	1	175,00 €	175,00 €
CONVERTIDOR DE SEÑAL		"Uticell"	1	323,00 €	323,00 €
TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS		"National Instruments"	1	1.790,00 €	1.790,00 €
TUBERÍAS (15 m)		"Eduardo Cortina"	1	875,00 €	875,00 €
CODOS DE TUBERÍA		"Eduardo Cortina"	12	50,00 €	600,00 €
AISLANTE (TUBERÍAS)	TÉRMICO	"Ratsa"	1	1.900,00 €	1.900,00 €
SENSOR DE TEMPERATURA		"Instruments Express"	1	225,00 €	225,00 €
VISCOSÍMETRO		"Anton-Paar"	1	1.150,00 €	1.150,00 €
SISTEMA CLEAN IN PLACE		"INOXPA"	1	3.200,00 €	3.200,00 €
VÁLVULA MARIPOSA		"Saidi"	1	125,00 €	125,00 €
ELECTROVÁLVULAS		"Automatic Valves"	Control 4	200,00 €	800,00 €
ORDENADOR PORTATIL		"Toshiba"	1	850,00 €	850,00 €
TOTAL					23.678,00 €
TOTAL + IVA (21%)					28.650,38 €

Tabla 2. Coste de los equipos y accesorios de la instalación diseñada.

2.3. COSTE INSTALACIÓN

Los costes de instalación que se detallan a continuación suponen el 10 por ciento del coste total de los equipos.

COSTE INSTALACIÓN DE EQUIPOS	
TOTAL	2.865,04 €
TOTAL + IVA (21%)	3.466,70 €

Tabla 3. Coste de instalación y montaje de los equipos.

2.4. BENEFICIO INDUSTRIAL

El beneficio industrial (BI) que se le impone a este proyecto es del 6 % del valor total de la obra. Es otra partida más, la cual es destinada para el proyectista de la obra.

$$BI = 0,06 \cdot \sum Coste_{partida} = 0,06 \cdot (8.610,00 + 28.650,38 + 3.466,70) = 2.243,62 \text{ €}$$

2.5. PRESUPUESTO TOTAL PROYECTADO

El presupuesto total del proyecto desarrollado es el recogido en la siguiente tabla.

PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO	
INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO	8.610,00 €
EQUIPOS	28.650,38 €
INSTALACIÓN DE EQUIPOS	3.466,70 €
BENEFICIO INDUSTRIAL	2.243,62 €
TOTAL	43.170,70 €

Tabla 4. Presupuesto total proyectado.

2.6. ESTUDIO VIABILIDAD ECONÓMICA

Como en todo proyecto que se diseña, es importante determinar si la ejecución del mismo es viable y rentable para la empresa que lo va a insertar en su cadena de producción. Que un proyecto sea viable es la condición máxima e imprescindible para que este sea o no un buen proyecto.

Para determinar la viabilidad económica se utilizan dos parámetros determinados, el VAN y el TIR.

- El VAN (Valor Actual Neto), es un método de valoración de inversiones en la que partimos de la rentabilidad mínima que queremos obtener ($i=0,1$). Con esta rentabilidad mínima calcularemos el valor actualizado de los flujos de caja (diferencia entre cobros y pagos) de la operación. Si es mayor que el desembolso inicial la inversión es aceptable.

La Inversión se considera segura cuando su VAN es mayor que cero. Si el VAN es menor que cero la inversión sería rechazada. Además daremos preferencia a aquellas inversiones cuyo VAN sea más elevado.

$$VAN = -I + \sum_{s=1}^n \frac{Q_s}{(1+i)^s} \quad (\text{Ecuación 1})$$

donde,

I es a inversión inicial.

Q_s es el flujo de caja del momento s , ventas menos costes de cada año.

n es el número de años que dura la inversión, que son 15 años.

i es la rentabilidad mínima exigida a la inversión, que se le supone un 0,1.

- El TIR (Tasa interior de retorno), se denomina al tipo de interés, r , que hace su valor neto igual a cero.

$$0 = -I + \sum_{s=1}^n \frac{Q_s}{(1+r)^s} \quad (\text{Ecuación 2})$$

donde,

$r = \text{TIR}$.

I es a inversión inicial.

Q_s es el flujo de caja del momento s , ventas menos costes de cada año.

n es el número de años que dura la inversión, que son 15 años.

i es la rentabilidad mínima exigida a la inversión, que se le supone un 0,1.

Estos son los parámetros económicos que nos dirán si el proyecto es viable o no.

Las premisas de las que se parte, son:

1. Financiación.

- La instalación se costeará con un préstamo que cubrirá el 50 %, es decir, 21.585,00 €.
- Se pagará en 2 años, es decir 24 cuotas, con un interés porcentual del 0,83 %.
- La cuota mensual será de 830,00 €.
- El interés anual sumará un total de 996,00 €.

El 50 % de la instalación será financiada en dos años, mediante un préstamo al 0,83 % de interés.

2. Ventas netas anuales.

Las ventas netas anuales son calculadas suponiendo que la planta opera a máximo rendimiento durante los 252 días laborables del año 2014. Es decir a 3 ciclos diarios de 50 kilogramos cada uno, y suponiendo que el precio medio del kilogramos de cera se mantenga en 5 €, y no sufra fluctuaciones.

Con estas premisas se obtienen unas ventas netas anuales de 189.000,00 €.

3. Costes anuales derivados de la actividad económica.

- El coste total anual de la planta sumará 113.400,00 €.
- Este coste anual contempla, el consumo de materias primas y su almacenamiento en stock, almacenamiento de producto terminado y mantenimiento anual de la planta.

El coste anual que supone el funcionamiento de la planta suma 113.400,00 €.

4. Cálculo del VAN y el TIR.

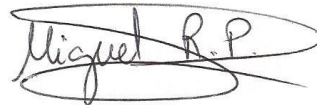
- Determinación del VAN. Empleando la “Ecuación 1” y con la ayuda de Excel:

$$VAN = -I + \sum_{s=1}^n \frac{Q_s}{(1+i)^s} = 309.111,00 \text{ €}$$

- Determinación del TIR. Empleando la **“Ecuación 2”** y con ayuda de Excel:

$$0 = -I + \sum_{s=1}^n \frac{Q_s}{(1+r)^s} \rightarrow r = TIR = 61,2 \%$$

Un VAN positivo, alto y mayor que cero, así como un porcentaje del TIR elevado, nos llevan a concluir que la instalación proyectada es viable y rentable económicamente.



Fdo: Miguel Rete Pino

